

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

О. В. Саприка, О. Г. Гриб, В. О. Саприка

Конспект лекцій

з курсу

«Основи наукових досліджень»

(для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання та слухачів
другої вищої освіти за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка
та електротехнології» (0906 «Електротехніка») зі спеціальності
«Електротехнічні системи електроспоживання»)

Саприка О. В. Конспект лекцій з курсу «Основи наукових досліджень» (для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» (0906 «Електротехніка») зі спеціальності «Електротехнічні системи електроживлення») / О. В. Саприка, О. Г. Гриб, В. О. Саприка; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 81 с.

Автори: О. В. Саприка,
О. Г. Гриб,
В. О. Саприка

Рецензент: д.т.н., проф. В. Ф. Рой

Рекомендовано кафедрою електропостачання міст,
протокол № 1 від 29.09.2007 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЕЛЕМЕНТИ НАУКИ.....	9
МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	18
ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ І МЕТОДОЛОГІЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ.....	27
НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТА, ОБ'ЄКТ І ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	40
ЗАВДАННЯ І МЕТОДИ ТЕОРЕТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	48
МОДЕЛЮВАННЯ В НАУКОВІЙ І ТЕХНІЧНІЙ ТВОРЧОСТІ	63
ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	74
КОНТРОЛЬНІ ЗАПІТАННЯ.....	78
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	81

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку науково-технічного прогресу, інтенсивного збільшення обсягу наукової та науково-технічної інформації, швидкої змінюваності та оновлення знань, особливого значення набуває підготовка у вищій школі висококваліфікованих фахівців здатних до самостійної, творчої роботи, до впровадження у виробничий процес новітніх технологій.

З цією метою до учбового плану включено дисципліну «Основи наукових досліджень», яка розкриває перед студентами зміст наукового дослідження, знайомить з методами й методиками проведення наукового дослідження, формує потребу в отриманні нових знань, інтерес до науки. Водночас дана дисципліна розкриває великі перспективи творчих аспектів вибраної спеціальності.

Наука - сфера дослідницької діяльності, вона налаштована на отримання нових знань про закони природи та суспільства. В теперішній час розвиток науки пов'язаний з міжнародною координацією наукової праці, створенням наукових установ, покращанням експериментального та лабораторного устаткування. Являючись слідством суспільного розподілу праці, наука виникає після відділення розумової праці від фізичної й перетворення пізнавальної діяльності у специфічний рід занять особливої групи людей. Поява машинного виробництва створює умови перетворення науки в активний чинник самого виробництва. В умовах науково-технічної революції відбувається докорінна перебудова науки. Стимулюючи виробництво, наука проникає у всі чинники суспільного життя. Необхідність наукового підходу в матеріальному виробництві, в економіці і в політиці, в сфері керування і в системі освіти примушує науку розвиватися більш швидкими темпами, ніж будь-яку іншу галузь діяльності.

Сучасне суспільство у всіх його видах діяльності знаходиться під впливом науки й техніки. В теперішній час наука стає у все більшій мірі продуктивною силою суспільства. Всі форми фізичної і розумової праці: медицина, транспорт, зв'язок, побут сучасної людини — відчують на собі перетворюючу дію науково-технічного прогресу.

КЛАСИФІКАЦІЯ НАУК

Класифікація наук - це розкриття їх взаємного зв'язку на підставі певних принципів і вираження цих зв'язків у вигляді логічно обґрунтованого розташування або ряду. Класифікація наук розкриває взаємозв'язок природних, технічних, суспільних наук і філософії. В основі цієї класифікації лежать специфічні особливості об'єктів матеріального всесвіту, що вивчають різні науки. «Класифікація наук, з яких кожна аналізує окрему форму руху, разом з тим є класифікацією, розташуванням згідно з внутрішньо властивою їм послідовністю саме цих форм руху, і в цьому полягає її значення».

Проблема класифікації наук - це проблема структури всього наукового знання. Щоб правильно показати її сучасне місце, а тим більше тенденції її перспективного розвитку, необхідно поглянути на неї з історичної точки зору. Тоді виявляється втрата колишньої простоти в загальній структурі науки, поява нових моментів, що суперечать тим основам, на які спиралася вся будова наукового знання в минулому. Ці моменти посилюються, і створюється враження, що в даний час ми знаходимося на роздоріжжі: колишні погляди на загальну структуру науки почали ламатися, проте поки не настільки сильно, щоб поступитися місцем новим поглядам, а нові погляди стали набувати чинності, але все таки не настільки рішуче і ґрунтовно, щоб витіснити старі. Старе й нове співіснують поруч, як би намагаючись знайти контакт або компроміс, як це нерідко трапляється напередодні корінного, революційного перевороту, що руйнує старе й рішуче прокладає дорогу новому.

Не розглядаючи розвиток науки у всій складності, ми хочемо гранично жорстко, як би в «чистому вигляді», виявити головні тенденції її розвитку як системи наукового знання. В реальній дійсності всі ці тенденції можуть співіснувати і переплітатися між собою. Основні сучасні тенденції розвитку класифікації наук полягають у переході від диференціації наук до їх інтеграції. Тут відслідковується тенденція переходу від координації наук до їх субординації і від одноаспектності наук розгляду комплексності. Далі розвиток класифікації наук

намічає перехід від функціональності до субстратності. З самого початку свого виникнення, тобто з XVI - XVII в.в., науки виділялися і продовжують виділятися дотепер не за об'єктом (тобто не за субстратом, або носієм руху), а за формами руху (тобто за функцією, або специфікацією руху) або ж за окремими сторонами предмету, що вивчається.

Проте потім виявилось, що подібна однозначність між функціональністю й субстратністю в загальному випадку не має місця. Наприклад, атоми можуть одночасно слугувати об'єктом і фізики (атомної), і хімії; так само молекули можуть бути предметом і хімії, і фізики (молекулярної). Живий організм складає предмет і біології, і хімії, і фізики, і кібернетики.

Ту ж картину ми бачимо і в розвитку суспільства. Окремий предмет (об'єкт) як ступінь історичного руху — та або інша соціально-економічна формація, взята як ціле, - повинен вивчатися сукупністю всіх суспільних наук і перш за все тих, що мають справу з відповідним економічним базисом, політичною і духовно-ідеологічною надбудовами.

Технічні науки - це специфічна система знання про цілеспрямоване перетворення природних тіл і процесів у технічні об'єкти, про методи конструктивно-технічної діяльності, а також про способи функціонування технічних об'єктів у системі суспільного виробництва.

Перші спроби підсумовування науково-технічних знань привели до систематизації і класифікації цих наук.

Далі ця класифікація зажадала розвиток і об'єднання, при якому всередині кожної науки зберігаються свої властивості.

Вивчаючи ряд зв'язаних між собою рухів, сучасна класифікація відповідає внутрішнім властивостям, властивим об'єктам певної послідовності. Свій організаційний прояв класифікація наук одержує в побудові систем науково дослідницьких інститутів, структурі вищих учбових закладів, бібліотек - і т.д.

Тут двояко виступає закон заперечення. В одному значенні є повернення до початкового однозначного співвідношення: один об'єкт (предмет) - одна наука, але повернення скоюється на іншій, більш високій основі. В іншому зна-

ченні заперечення заперечення виявляється в тому, що початком усього наукового знання було виникнення в античності єдиної недиференційованої науки під егідою філософії (натурфілософії). На вищому ступені розвитку повинно буде виявитися як би повернення до єдиної науки, але, зрозуміло, в більш глибокому і змістовному її розумінні.

І нарешті, вельми істотним для майбутньої класифікації буде перехід від одновимірності до багатовимірності в зображенні системи наук. Обговорення питання про графічне зображення майбутньої структури єдиної науки в даний час було б достатньо безпредметним, оскільки поки що неясне в деталях взаємовідношення між цілим і його внутрішніми частинами, а головне — між самими цими частинами всередині цілого за умови, що вони втратили свою минулу ізолюваність і навіть минулу самостійність. Можна впевнено стверджувати, що при постановці й рішенні такого завдання доведеться відмовитися не тільки від одновимірності, але й двовимірності в зображенні зв'язків між науками. Майбутня класифікація наук потребує багатомірності в її зображенні.

Науково-технічний прогрес повинен бути націлений на радикальне поліпшення використання природних ресурсів, сировини, матеріалів, палива й енергії на всіх стадіях від здобичі й комплексної переробки сировини до випуску й використання кінцевої продукції, на створення безвідходних технологій, на збереження навколишнього середовища.

Технічна політика визначає його науково обгрунтовані тенденції. Технічна політика враховує дані науково-технічних прогнозів, реальні ресурси, які має в своєму розпорядженні країна, а також завдання зовнішньої політики, визначаючи переважні напрями технічного прогресу.

Політика країни в області науки повинна бути націлена на створення більш сприятливих умов для прискорення досягнення економічних і соціальних цілей, духовного розвитку суспільства. Для цього необхідні технічне переозброєння народного господарства, тісне поєднання науки з виробництвом при використанні з цією метою нових форм інтеграції. Керуючи розвитком науки, уряд забезпечує правильне співвідношення фундаментальних і прикладних до-

сліджень, конструкторських розробок, а також упровадження їх результатів у масове виробництво. Це сьогодні найскладніше організаційне завдання. Дієвим інструментом керування розвитком науки є також фінансування й матеріальне забезпечення наукових досліджень. Фінанси й матеріальні ресурси призначаються в першу чергу для найважливіших і перспективних напрямів науково-технічного прогресу. Все більше розповсюдження одержує принцип фінансування не окремих науково-дослідних підрозділів, а крупних наукових програм. Програмно-цільовий підхід до наукової діяльності оптимізує внутрішні тенденції наукового пізнання й керування ним, розширює можливості планування науки, пов'язуючи її внутрішні стимули з організаційними питаннями вдосконалення структури наукових колективів.

Прикладами успішної реалізації в нашій країні найбільших наукових програм є оволодіння атомною енергією, освоєння космічного простору і ін. Крупні розробки, що вимагають участі десятків або сотень підприємств, різних міністерств і відомств, можна реалізувати тільки при програмно-цільовому плануванні й керування. Програма — це комплекс робіт, переслідуючих важливу для народного господарства мету (наприклад, створення й освоєння нової технології). Інструмент для їх організації передбачає питання фінансування, ресурсного забезпечення, керування, складу учасників розробки, їх взаємодії і т.д. За кожною програмою призначають свого керівника, головну організацію, головне міністерство.

Головною особливістю **програмно-цільового методу** є орієнтація на досягнення кінцевого народно-господарського ефекту з урахуванням максимально можливої кількості впливаючих чинників. Мета, що ставиться перед системою, визначається, як правило, двояко. В одному випадку вона задається наперед. Після цього можливості системи оцінюються виходячи з сформульованої мети й намічаються заходи щодо її досягнення. Часто під задану мету створюють відповідну систему й органи керування нею.

В іншому випадку мета визначається з даного полягання системи і виступає як очікуваний до певного часу результат, як майбутнє полягання систе-

ми. Для цього проводиться попередній аналіз полягання системи, її реальних можливостей, на основі чого і визначається мета. При цьому удосконалюється існуюча система керування без принципової зміни його структури.

Цільова орієнтація програмно-цільового методу сприяє підкоренню локальних планово-управлінських завдань єдиним народногосподарським цілям.

У цільових програмах відображається системний підхід до розвитку народного господарства, намічаються шляхи вдосконалення системи керування для прискореного досягнення кінцевого результату.

Принцип системного підходу в керуванні програмою реалізує за допомогою спеціально виділеного органу з відповідними повноваженнями щодо координації робіт і фінансування виконавців.

Таким чином, науково-технічна революція безперервно висуває нові невідкладні завдання перед вищою і середньою спеціальною школою в напрямі підвищення якості підготовки фахівців, здатних у практичній роботі використовувати самі останні досягнення науки й техніки, брати активну участь в отриманні нових наукових результатів.

ЕЛЕМЕНТИ НАУКИ

Знання - ідеальне відтворення в мовній формі узагальнених уявлень про закономірні зв'язки об'єктивного світу.

Функціями знання є узагальнення розрізнених уявлень про закономірності природи суспільства й мислення; зберігання в узагальнених представленнях усього того, що може бути передано як стійка основа практичних дій.

Знання є продуктом суспільної діяльності людей, направленої на перетворення дійсності. Процес руху людської думки від незнання до знання називають пізнанням, в основі якого лежить віддзеркалення об'єктивної дійсності в свідомості людини, в процесі його суспільної, виробничої і наукової діяльності, іменованої практикою. Потреби практики виступають основною й рушійною силою розвитку пізнання, його метою. Людина пізнає закони природи, щоб

оволодіти силами природи й поставити їх собі на службу; він пізнає закони суспільства, щоб відповідно до них впливати на хід історичних подій.

Пізнання зростає з практики, але потім само прямує на практичне оволодіння дійсністю. Від практики до теорії і від теорії до практики, від дії до думки і від думки до дійсності - така загальна закономірність відносин людини в навколишній дійсності. Практика є початком, початковим пунктом і одночасно природним завершенням всякого процесу пізнання. Слід зазначити, що завершення пізнання завжди відносне, оскільки в процесі пізнання, як правило, виникають нові проблеми й нові завдання, які були підготовлені й поставлені попереднім розвитком наукової думки. Вирішуючи ці завдання й проблеми, наука повинна випереджати практику і таким чином свідомо спрямовувати її розвиток.

У процесі практичної діяльності людина дозволяє суперечність наявним станом речей і потребами суспільства. Результатом цієї діяльності є задоволення суспільних потреб. Вказана суперечність є джерелом розвитку пізнання й природно, знаходить віддзеркалення в його діалектиці.

Діалектика процесу пізнання виражається в суперечності між обмеженістю наших знань і безмежної складності об'єктивної дійсності, між суб'єктивною формою й об'єктивним змістом людського пізнання, в необхідності боротьби думок, що дозволяє шляхом логічних доказів і практичної перевірки встановлювати істину.

Вся наука, все людське пізнання направлені на досягнення істинних знань, що вірно відображають дійсність. Тільки істинне наукове знання слугує людині могутньою зброєю перетворення дійсності, дозволяє прогнозувати її подальший розвиток.

У протилежність істинному знанню помилка є невірним, ілюзорним віддзеркаленням миру.

Істинні знання існують у вигляді законів науки, теоретичних положень і висновків, навчань, підтверджених практикою й існуючих об'єктивно, незалеж-

но від праць і відкриттів вчених. Тому істинне наукове знання об'єктивне. Разом з тим наукове знання може бути відносним і абсолютним.

Відносне знання - знання, яке будучи в основному вірним віддзеркаленням дійсності, відрізняється деякою неповнотою збігу образу з об'єктом.

Абсолютне знання - це повне, вичерпне відтворення узагальнених уявлень про об'єкт, що забезпечує абсолютний збіг образу з об'єктом. Абсолютне знання не може бути спростовано або змінено в майбутньому.

Слід зазначити, що безперервний розвиток практики виключає можливість перетворення знання в абсолютне, але абсолютність практики дозволяє відрізнити об'єктивно істинні знання від помилок. Пізнання включає два рівні: плотський і раціональний. Плотське пізнання формує емпіричне знання, а раціональне – теоретичне.

Плотське пізнання забезпечує безпосередній зв'язок людини з навколишньою дійсністю. Елементами плотського пізнання є відчуття, сприйняття, уявлення й уява.

Відчуття - це віддзеркалення мозком людини властивостей предметів або явищ об'єктивного світу, які діють на його органи чуття. Сприйняття — віддзеркалення мозком людини предметів або явищ у цілому, при чому таких, що діють на органи чуття в даний момент часу.

Сприйняття - це первинний плотський образ предмету або явища.

Уявлення - вторинний образ предмету або явища, що в даний момент часу не діють на органи чуття людини, але обов'язково діяли в минулому. Представлення— це образи, що відновлюються слідами минулих дій предметів або явищ, що збереглися в мозку.

Уява - це з'єднання й перетворення різних уявлень в цілу картину нових образів.

Раціональне пізнання доповнює й випереджає плотське, сприяє усвідомленню єства процесів, розкриває закономірності розвитку. Формою раціонального пізнання є **абстрактне мислення**.

Мислення - це опосередковане й узагальнене віддзеркалення в мозку людини істотних властивостей, причинних відносин і закономірних зв'язків між об'єктами або явищами. Опосередкований характер мислення полягає в тому, що людина через доступні органам чуття, властивості зв'язку і відношення предметів проникає в приховані властивості зв'язку, відношення; людина пізнає дійсність не тільки в результаті свого особистого досвіду, але й непрямим шляхом, засвоюючи в процесі спілкування з іншими людьми. Мислення нерозривно пов'язано з мовою й не може здійснюватися зовні нього. Дійсно, основний інструмент мислення - логічні міркування людини, структурними елементами яких (і формами логічного віддзеркалення дійсності) є поняття, думки, висновки.

Поняття - це думка, що відображає істотні й необхідні ознаки предмета або явища. Поняття можуть бути загальними, одиничними, збірними, абстрактними й конкретними, абсолютними й відносними. Загальні поняття пов'язані не з одним, а з безліччю предметів. Найширші поняття називаються **категоріями** і до них відносять деякі філософські поняття (про форму й зміст явищ), економічної теорії (товар, вартість) і т.д. Одиничні поняття відносяться завжди тільки до одного певного предмету. Під збірними маються на увазі поняття, що позначають цілі групи однорідних предметів, що є відомою єдністю, закінчену сукупність (ліс, транспортний потік і т.п.)

Поняття конкретні відносяться до конкретних предметів, а абстрактні поняття - до окремо взятих ознак цих предметів, наприклад «білі предмети». Особливістю відносних понять є те, що вони завжди мисляться попарно, наприклад; «правий» і «лівий», «начальник» і «підлеглий». **Абсолютними** називають такі поняття, що не мають парних відносин, наприклад «планета», «будинок», «дерево».

За ознакою відносин між поняттями їх ділять на тотожні, рівнозначні, підлеглі, супідрядні, частково згідні, суперечать і протилежні.

Тотожними називають такі поняття, що мають однаковий зміст. Це одні й ті ж поняття, тільки виражені в різній словесній формі. Рівнозначні поняття

мають один і той же об'єм, але відрізняються за змістом. Так, наприклад, поняття «автор «Капіталу» і «засновник наукового соціалізму» хоча і відносяться до однієї особи, але вказують на різні його ознаки.

Поняття характеризуються їх **об'ємом і змістом**. Об'єм поняття - це круг тих предметів, на які дане поняття поширено. Змістом називають сукупність ознак, що з'єднані в даному понятті.

Відносини тотожності й рівнозначності понять мають надзвичайно важливе значення в науці, оскільки роблять можливим заміщення одного поняття іншим. Цією операцією широко користуються в математиці при перетворенні й спрощенні співвідношень алгебри.

Підлеглими називають поняття, що за змістом входять у поняття більш високого рангу або більш загальні. **Супідрядними** є поняття, зв'язані за об'ємом (об'єм двох або більш понять входить в об'єм якого-небудь вищого поняття). Наприклад, поняття «багатокутник» і «коло» є підлеглими поняттю «геометрична фігура» і супідрядними між собою. Якщо окремі частини об'єму понять виявляються співпадаючими, загальними, то їх називають **частково згідними**. В подібному відношенні знаходяться, наприклад, такі поняття, як - «студент» і «спортсмен».

Поняття, що заперечує позитивне поняття, називають таким, що суперечить. Наприклад, поняття «нелюдина» заперечує позитивне поняття «людина». Поняття, що суперечать, не допускають нічого проміжного; одне поняття начисто виключає інше. Якщо поняття вказує не тільки на те, що заперечує, але й на те, що замість заперечуваного затверджується, то таке поняття називають **протилежним**. Біля протилежних понять є середні і проміжні поняття. Так, між поняттями «білий» і «чорний» - поняття «сірий».

Для опису процесу формування нових складних понять з більш простих використовують спосіб виведення складних співвідношень з елементарних. Формалізація процесу часто здійснюється на мові теорії множин.

Розкриття змісту поняття називають його визначенням. Останнє повинне відповідати двом найважливішим ознакам: 1) визначення повинне вказувати на

найближче родове поняття; 2) визначення повинне вказувати на те, ніж дане поняття відрізняється від інших понять. Так, визначаючи поняття «квадрат», потрібно вказати на те, що квадрат відноситься до роду прямокутників і виділяється серед прямокутників ознакою рівності своїх сторін. Визначення поняття не повинне бути ні дуже широке, ні дуже вузьке, тобто відповідним і не повинно визначатися самим собою.

Розвиток наукових знань примушує уточнювати визначення понять, вносити нові ознаки в його зміст. При цьому поняття узагальнюються або обмежуються. В науковому дослідженні визначення звичайно завершують процес дослідження, закріплюють ті результати, до яких учений прийшов у своєму дослідженні. Без визначення понять можливе помилкове тлумачення думок автора дослідження. Визначення поняття виявляється можливим у тому випадку, коли ми знаємо, до якого роду воно відноситься й які у нього видові ознаки. Встановлення видових ознак здійснюється за допомогою розподілу поняття. Розподілом поняття називається розкриття всіх видів, що входять до складу даного поняття. Якщо визначення має справу із змістом поняття, що вивчається, то розподіл — з об'ємом поняття.

Розподіл підкоряється наступним правилам: 1) члени розподілу повинні вичерпувати об'єм ділимого поняття; 2) розподіл повинен проводитися з погляду однієї певної підстави; 3) члени розподілу повинні виключати один одного.

Підставою розподілу називається та ознака, що є загальною для всіх видів, що входять в об'єм даного поняття. Особливим видом розподілу понять є **дихотомія**, або двочленний розподіл, при якому членами розподілу бувають тільки два поняття, з яких одне є тим, що суперечить відносно іншого.

Думка - це думка, в якій за допомогою зв'язку понять затверджується або заперечується що-небудь. У мові думка виражається у вигляді пропозиції. Думка - це зіставлення понять, що встановлюють об'єктивний зв'язок між мислимими предметами і їх ознаками або між предметом і класом предметів.

Думки діляться за наступними ознаками: якості, кількості, відношенню, модальності. В свою чергу, за якістю думки діляться на ствердні й негативні, за

кількістю - на загальні, приватні й одиничні, за відношенням - на категоричні, умовні й розділові, за модальністю - на проблематичні, аподиктичні й асерторичні. В проблематичних думках наявність зв'язку понять наголошується лише з певним ступенем вірогідності. В аподиктичних думках указується, що зв'язок понять є безумовно необхідним. Асерторичні думки вказують тільки на дійсно існуючий зв'язок понять.

З'єднання думок за кількістю й якістю приводить до чотирьох нових видів думок: загальноствердні, загальнонегативні, частковозатверджувальні й часткововід'ємні.

До думки про предмет або явищі людина може прийти або шляхом безпосереднього нагляду якого-небудь факту, або опосередкованим шляхом - за допомогою висновку. **Висновок** - процес мислення, що становить послідовність двох або декількох думок, в результаті яких виводиться нова думка. Часто висновок називають висновком, через який стає можливим перехід від мислення до дії, практики. Разом з тим слід підкреслити, що не всяка послідовність думок може бути названа висновком або висновком. У висновку зв'язок двох думок іноді знаходить підкорення, через яке одне (підстава) обумовлює інше (слідство).

Висновки діляться на дві категорії: **дедуктивні й індуктивні**. Дедуктивні висновки є виведенням окремого випадку з якого-небудь загального положення. В індуктивних висновках на підставі окремих випадків приходять до загального положення.

Висновки підрозділяються також на безпосередні і опосередковані. В безпосередніх висновках від однієї думки приходять до іншої. В опосередкованих думках перехід від однієї думки до іншої здійснюється за допомогою третьої. Якщо в процесі висновку змінюється форма думки, то говорять про її перетворення, наприклад ствердна думка стає негативною, і навпаки. При цьому значення і кількість думки зберігаються. Поняття, думки і висновки виражаються в словесній формі.

У процесі наукового дослідження можна наголосити на наступних етапах: виникнення ідей; формування понять, думок; висунення гіпотез; узагальнення наукових чинників; доказ правильності гіпотез і думок.

Наукова ідея - інтуїтивне пояснення явища без проміжного аргументування, без усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на підставі якої роблять висновки. Вона базується на вузькій наявній знанні, але розкриває раніше не помічені закономірності. Свою специфічну матеріалізацію ідея знаходить в гіпотезі.

Гіпотеза - це припущення про причину, що викликає дане слідство. Якщо гіпотеза узгоджується із спостережуваними фактами, то в науці її називають теорією або законом. В процесі пізнання кожен гіпотезу піддають перевірці, в результаті якої встановлюється, що слідства, витікаючі з гіпотези, дійсно співпадають із спостережуваними явищами, що дана гіпотеза не суперечить ніяким іншим гіпотезам, які визнаються вже доведеними. Слід, проте, підкреслити, що для підтвердження правильності гіпотези необхідно переконатися не тільки в тому, що вона не суперечить дійсності, але і в тому, що вона є єдиною можливою і з її допомогою вся сукупність спостережуваних явищ знаходить собі цілком достатнє пояснення.

З накопиченням нових фактів одна гіпотеза може бути замінена іншою лише в тому випадку, якщо ці нові факти не можуть бути пояснені старою гіпотезою або їй суперечать. При цьому часто стара гіпотеза не відкидається цілком, а тільки виправляється і уточнюється. У міру уточнення і виправлення гіпотеза перетворюється на закон.

Закон - внутрішній істотний зв'язок явищ, що обумовлює їх необхідний закономірний розвиток. Закон виражає певний стійкий зв'язок між явищами або властивостями матеріальних об'єктів.

Закон, знайдений шляхом здогадки, повинен бути потім логічно доведений, тільки тоді він признається наукою. Для доказу закону наука використовує думки, які були раніше визнані істинними і з яких логічно слідує доводжуванa думка. В окремих випадках в рівній мірі опиняються доказовими суперечливі думки. В таких випадках говорять про виникнення парадоксу в науці, що зав-

жди свідчить про наявність помилок в логіці доказу або неспроможності початкових думок в даній системі знань.

Парадокс у широкому значенні - це твердження, що різко розходиться із загальноприйнятою, сталою думкою, заперечення того, що представляється «безумовно правильним». Парадокс у вузькому значенні - це два протилежні твердження, для кожного з яких є що представляються переконливими аргументи.

Парадоксальність є характерною межею сучасного наукового пізнання світу. Наявність парадоксів стає свідомством неспроможності існуючих теорій, вимогою подальшого їх вдосконалення.

Виявлення і дозвіл парадоксів стало в сучасній науці звичною справою. Основні шляхи їх дозволу: усунення помилок в логіці доказів; вдосконалення початкових думок в даній системі знань.

Як вже наголошувалося, в результаті опрацювання і зіставлення з дійсністю наукова гіпотеза може стати теорією.

Теорія (від лат. *Terio* - розглядаю) - система узагальненого знання, пояснення тих або інших сторін дійсності. Теорія є духовним, уявним віддзеркаленням і відтворенням реальної дійсності. Вона виникає в результаті узагальнення пізнавальної діяльності і практики. Це узагальнений досвід в свідомості людей.

Структуру теорії формують принципи, аксіоми, закони, думки, положення, поняття, категорії і факти. Під принципом в науковій теорії розуміється найабстрактніше визначення ідеї (початкова форма систематизації знань). Принцип - це правило, що виникло в результаті суб'єктивно осмисленого досвіду людей.

Початкові положення наукової теорії називаються постулатами або аксіомами.

Аксіома (постулат) - це положення, яке береться як початкове, недоказове в даній теорії, і з якого виводиться вся решта пропозицій і виведень теорії за наперед фіксованими правилами. Аксіоми очевидні без доказу. В сучасній

логіці і методології науки постулат і аксіому звичайно використовують як еквівалентні.

Теорія складається з відносно жорсткого ядра і його захисного пояса. В ядро входять основні принципи. Захисний пояс теорії містить допоміжні гіпотези, що конкретизують її ядро. Цей пояс визначає проблеми, що підлягають подальшому дослідженню, передбачає факти, що не узгоджуються з теорією, і тлумачить їх так, що вони перетворюються на приклади, підтверджуючі її.

Теорія є найрозвиненішою формою узагальненого наукового пізнання. Вона містить в собі не тільки знання основних законів, але і пояснення фактів на їх основі. Теорія дозволяє відкривати нові закони і передбачати майбутнє.

Рух думки від незнання до знання керує методологія. **Методологія** - філософське вчення про методи пізнання і перетворення дійсності, вживання принципів світогляду до процесу пізнання, духовної творчості і практики.

У методології виявляються дві взаємозв'язані функції: 1) обґрунтування правил вживання світогляду до процесу пізнання і перетворення світу; 2) визначення підходу до явищ дійсності. Перша функція загальна, друга приватна. Загальна функція базується на узагальненні системи поглядів людини на світ в цілому, на місце окремих явищ в світі і на своє власне місце в ньому.

Протилежності в науці виявляються в різних формах, витікаючих з конкретно поставлених завдань. Це нове і старе, позитивне і негативне, консервативне і революційне. Нове, позитивне і революційне, як більш вчинене, пробиває собі дорогу в боротьбі із старим, віджилим. Не розуміти цього і не вивчати з позицій цього закону факти і явища - значить, ніколи не підійти до істини.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метод - це спосіб досягнення мети. Метод об'єднує суб'єктивні і об'єктивні моменти пізнання. Метод об'єктивний, оскільки в теорії, що розробляється, дозволяє відображати дійсність і її взаємозв'язки. Таким чином, метод є програмою побудови і практичного вживання теорії. Одночасно метод суб'єктив-

ний, оскільки є знаряддям мислення дослідника і як таке включає його суб'єктивні особливості.

З філософської точки зору методи можна розділити на; **загальний** діючий у всіх областях науки і на всіх етапах дослідження; загальнонаукові (тобто для всіх наук); приватні (тобто для певних наук); спеціальні або специфічні (для даної науки).

Таке розділення методів завжди умовне, оскільки у міру розвитку пізнання один науковий метод може переходити з однієї категорії в іншу.

До загальнонаукових методів відносять: спостереження, порівняння, рахунок, вимірювання, експеримент, узагальнення, абстрагування, формалізація, аналіз і синтез, індукція і дедукція, аналогія, моделювання, ідеалізація, ранжирування, а також аксіоматичний, гіпотетичний, історичний і системні методи.

Спостереження - це спосіб пізнання об'єктивного світу, заснований на безпосередньому сприйнятті предметів і явищ за допомогою органів чуття без втручання в процес з боку дослідника.

Порівняння - це встановлення відмінності між об'єктами матеріального світу або знаходження в них загального, здійснюване як за допомогою органів чуття, так і за допомогою спеціальних пристроїв.

Розрахунок - це знаходження числа, що визначає кількісне співвідношення однотипних об'єктів або їх параметрів, що характеризують ті або інші властивості.

Вимірювання - це фізичний процес визначення чисельного значення деякої величини шляхом порівняння її з еталоном.

Експеримент - одна з сфер людської практики, в якій піддається перевірці істинність гіпотез, що висуваються, або виявляються закономірності об'єктивного світу. В процесі експерименту дослідник втручається в процес, що відбувається, з метою пізнання, при цьому одні умови досліджу ізолюються, інші виключаються, треті посилюються або ослабляються. Експериментальне вивчення об'єкту або явища має певні переваги в порівнянні зі спостереженням, оскільки дозволяє вивчати явища в «чистому вигляді» за допомогою усунення побічних

чинників, при необхідності випробування можуть повторюватися і організовуватися так, щоб досліджувати окремі властивості об'єкту, а не їх сукупність.

Узагальнення - визначення загального поняття, в якому знаходить віддзеркалення головне, основне, характеризуюче об'єкти даного класу. Це засіб для утворення нових наукових понять, формулювання законів і теорій.

Абстрагування - це уявне відвернення від неістотних властивостей, зв'язків, відносин предметів і виділення декількох сторін, що цікавлять дослідника. Воно, як правило, здійснюється в два етапи. На першому етапі визначаються неістотні властивості, зв'язки і т.д. На другому - досліджуваний об'єкт замінюють іншим, більш простим, є спрощеною моделлю, що зберігає головне в складному.

Розрізняють наступні види абстрагування: **ототожнення** (утворення понять шляхом об'єднання предметів, зв'язаних своїми властивостями в особливий клас); **ізолювання** (виділення властивостей, нерозривно пов'язаних з предметами); **конструктивізація** (відвернення від невизначеності **меж реальних об'єктів**) і, нарешті, **допущення потенційної здійсненності**.

Яскравим прикладом абстрактної моделі дійсності є ідеальний газ, який широко використовується у фізиці, термодинаміці і інших науках.

Формалізація - відображення об'єкту або явища в знаковій формі якої-небудь штучної мови (математики, хімії і т. д.) і забезпечення можливості дослідження реальних об'єктів і їх властивостей через формальне дослідження відповідних знаків.

Аксіоматичний метод - спосіб побудови наукової теорії, при якій деякі твердження (аксіоми) приймаються без доказів і потім використовуються для отримання решти знань за певними логічними правилами. Загальновідомою, наприклад, є аксіома про паралельні лінії (не перетинаються), яка прийнята в геометрії без доказів.

Аналіз - метод пізнання за допомогою розчленування або розкладання предметів дослідження (об'єктів, властивостей і т.д.) на складові частини. У зв'язку з цим аналіз складає основу аналітичного методу досліджень.

Синтез - з'єднання окремих сторін предмету в єдине ціле. Аналіз і синтез взаємозв'язані, вони є єдністю протилежностей. Розрізняють наступні види аналізу й синтезу: прямий або **емпіричний метод** (використовують для виділення окремих частин об'єкту, виявлення його властивостей, найпростіших вимірювань і т.п.); поворотний або **елементарно-теоретичний метод** (що базується на уявленнях про причинно-наслідкові зв'язки різних явищ); **структурно-генетичний метод** (включаючий той, що вичленяє в складному явищі таких елементів, які надають вирішальне вплив на всю решту сторін об'єкту).

Важливими поняттями в теорії пізнання є: **індукція** - висновок про факти до деякої гіпотези (загальному твердженню) і **дедукція** - висновок, в якому йдеться мова про деякий елемент множини. Робиться на підставі знання загальних властивостей всієї множини. Таким чином, дедукція й індукція - взаємодоповнюючі методи пізнання, що широко використовують приватні методи формальної логіки. Це методи єдиної схожості (передбачається, що єдина схожа обставина є причиною даного явища); єдиної відмінності (передбачається, що єдина відмінність обставин є причиною явища); супутніх змін (зміна одного явища приводить до зміни іншого, оскільки обидва ці явища знаходяться в причинному зв'язку); залишків (якщо відомо, що деякі з сукупності певних обставин є причиною частини явищ, то залишок цього явища викликається рештою обставин).

Одним з методів наукового пізнання є **аналогія**, за допомогою якої досягається знання про предмети й явища на підставі того, що вони мають схожість з іншими. Ступінь вірогідності (достовірності) висновків аналогічно залежить від кількості схожих ознак відносно порівнюваних явищ (чим їх більше, тим більшу вірогідність має висновок і вона підвищується, коли зв'язок вивідної ознаки з якою-небудь іншою ознакою відомий більш менш точно). Аналогія тісно пов'язана з моделюванням або модельним експериментом. Якщо звичний експеримент безпосередньо взаємодіє з об'єктом дослідження, то в моделюванні такої **взаємодії немає, оскільки експеримент проводиться не з самим об'єктом, а з його заміником**. Прикладом може служити аналогова обчислюваль-

на машина (АВМ), дія якої заснована на аналогії диференціальних рівнянь, що описують як властивості досліджуваного об'єкту, так і електронної моделі.

Гіпотетичний метод пізнання припускає розробку наукової гіпотези на основі вивчення фізичної, хімічної і т.п. природи досліджуваного явища за допомогою описаних вище способів пізнання, а потім формулювання гіпотези, складання розрахункової схеми алгоритму (моделі), її вивчення, аналіз, розробка теоретичних положень. Як в соціально-економічних і гуманітарних науках, так і в природничих і технічних дослідженнях часто використовують історичний **метод** пізнання. Цей метод припускає дослідження виникнення, формування й розвитку об'єктів у хронологічній послідовності, внаслідок чого дослідник одержує додаткові знання про об'єкт (явище), що вивчається, в процесі їх розвитку.

При гіпотетичному методі пізнання дослідник нерідко вдається до ідеалізації - це уявне конструювання об'єктів, що практично нездійсненні (наприклад, ідеальний газ, абсолютно тверде тіло). В результаті ідеалізації реальні об'єкти позбавляються деяких властивим їм якостей і наділяються гіпотетичними якостями.

При дослідженнях складних систем з багатоманітними зв'язками, що характеризуються як безперервністю й детермінованістю, так і дискретністю й випадковістю, використовують **системні методи** (дослідження операцій, теорія масового обслуговування, теорія керування, теорія множин та ін.). У даний час такі методи набули широкого поширення значною мірою в зв'язку з розвитком ЕОМ.

При аналізі явищ і процесів у складних системах виникає потреба розглядати велику кількість чинників (ознак), серед яких важливо вміти виділяти головне за допомогою методу ранжирування й виключення другорядних чинників, що не впливають істотно на досліджуване явище. Отже, цей метод допускає посилення основних і ослаблення другорядних чинників, тобто їх розміщення за певними правилами в ряд убуючої або зростаючої послідовності щодо сили чинника.

Різноманітні методи наукового пізнання умовно підрозділяються на ряд рівнів: емпіричний, експериментально-теоретичний, теоретичний і метатеоретичний рівні.

Методи емпіричного рівня: спостереження, порівняння, розрахунок, вимірювання, анкетне опитування, співбесіда, тести, метод проб і помилок і т.д. Методи цієї групи конкретно пов'язані з явищами, що вивчаються, і використовуються на етапі формування наукової гіпотези.

Методи експериментально-теоретичного рівня: експеримент, аналіз і синтез, індукція й дедукція, моделювання, гіпотетичний, історичний і логічні методи. Ці методи допомагають досліднику знайти ті або інші достовірні факти, об'єктивні прояви в протіканні досліджуваних процесів. За допомогою цих методів здійснюється накопичення фактів, їх перехресна перевірка. Слід при цьому підкреслити, що факти мають науково-пізнавальну цінність тільки в тих випадках, коли вони систематизовані, коли між ними розкриті не випадкові залежності, визначені причини слідства. Таким чином, завдання виявлення істини вимагає не тільки збору фактів, але й правильної їх теоретичної обробки. Первинну систематизацію фактів і їх аналіз здійснюється вже в процесі спостереження, бесід, експериментів, бо ці методи включають не тільки акти плотського сприйняття предметів і явищ, але й їх відбір, класифікацію, осмислення сприйнятого матеріалу, його фіксацію.

Методи теоретичного рівня: абстрагування, ідеалізація, формалізація, аналіз і синтез, індукція і дедукція, аксіоматика, узагальнення і т.д. На теоретичному рівні проводяться логічне дослідження зібраних фактів, вироблення понять, думок, робляться висновки. В процесі цієї роботи співвідносяться ранні наукові уявлення з виникаючими новими. Таким чином, новий теоретичний зміст знань надбудовується над емпіричними знаннями. На теоретичному рівні пізнання широко використовують логічні методи схожості, відмінності, супутніх змін, розробляють нові системи знань, вирішують завдання подальшого узгодження теоретично розроблених систем з накопиченим новим експериментальним матеріалом.

До методів **метатеоретичного рівня** відносять діалектичний метод і метод системного аналізу. За допомогою цих методів досліджують самі теорії і розробляють шляхи їх побудови, вивчають систему положень і понять даної теорії, встановлюють межі її вживання, способи введення нових понять, обґрунтовують шляхи синтезу декількох теорій. Центральним завданням даного рівня досліджень є пізнання умов формалізації наукових теорій і виробітку формалізованих мов, іменованих метамовами.

При вивченні складних, взаємозв'язаних одна з одною проблем використовують **системний аналіз**, що одержав широке вживання в різних сферах наукової діяльності людини зокрема в логіці, математиці, загальній теорії систем, внаслідок чого сформувалися такі науки, як металогіка й метаматематика. Металогіка досліджує системи положень і понять формальної логіки, розробляє питання теорії доказів, визначності понять, істини в формалізованих мовах. Метаматематика займається вивченням різних властивостей формальних систем і числень.

В основі системного аналізу лежить поняття системи, під якою розуміється безліч об'єктів (компонентів), що володіють певними властивостями з фіксованими між ними відносинами. На базі цього поняття проводять облік зв'язків, використовують кількісні порівняння всіх альтернатив для того, щоб свідомо вибрати найкраще вирішення, оцінене яким-небудь критерієм, наприклад вимірністю, ефективністю, надійністю і т.п.

Оскільки системний аналіз носить загальний, міждисциплінарний характер, тобто торкається освіти, розвитку, функціонування, синтезу будь-яких систем, то деякі зарубіжні науковці вважають, що системний аналіз замінює філософію, є новою загальною методологією науки. Таке сприйняття системного аналізу невірне, оскільки зводить функцію філософського знання лише до методології наукового дослідження. У всіх науках існують філософські підстави, використовуються філософські категорії, але це не мотив ухвалення підстави теорії за саму теорію. Системний аналіз, з одного боку, дозволяє застосовувати ряд загально філософських положень до рішення приватних завдань, а з іншою

- збагатив саму філософію розвитком конкретних наук. Чим далі розвивається системний аналіз, тим вчинений розвивається його мова, тим він далі віддаляється від своєї первинної філософської основи. Таким чином, ототожнення системного аналізу з діалектичним методом, з філософією неправомерно і може привести до світоглядних і методологічних помилок.

Системний аналіз використовують для дослідження таких складних систем, як економіка окремої галузі, промислове підприємство, об'єднання, при плануванні і організації технології комплексних будівельних процесів, виконуваних декількома будівельними організаціями, та ін.

Системний аналіз складається з основних чотирьох етапів; перший полягає в постановці завдання - визначають об'єкт, мету й завдання дослідження, а також критерії для вивчення й керування об'єктом. Неправильна або неповна постановка цілей може звести нанівець результати всього подальшого аналізу. Під час другого етапу обкреслюються межі системи, що вивчають, і визначають її структуру; об'єкти й процеси, що мають відношення до поставленої мети, розбивають на систему й зовнішнє середовище, що власне вивчають. При цьому розрізняють замкнуті й відкриті системи. При дослідженні замкнутих систем впливом зовнішнього середовища на їх поведінку нехтують. Потім виділяють окремі складові частини системи - її елементи, встановлюють взаємодію між ними і зовнішнім середовищем. Саме так формується, наприклад, така фундаментальна наука, як термодинаміка.

Останнім часом все більше уваги в техніці надається вивченню замкнутих систем, що мають закриті технологічні цикли, так звану «безвідходну технологію». Такі технологічні процеси перспективні як з позиції економіки, так і екології: «чим менше за відходи, тим вище рівень виробництва».

Третій, найважливіший етап системного аналізу полягає в складанні математичної моделі досліджуваної системи. Спочатку проводять параметризацію системи, описують виділені елементи системи і їх взаємодію. Залежно від особливостей процесів використовують той або інший математичний апарат для аналізу системи в цілому.

Слід при цьому відзначити, що аналітичні методи використовуються для опису лише невеликих систем, унаслідок їх громіздкості або неможливості складання й вирішення складної системи рівнянь. Для опису великих систем, їх характеристик не тільки якісних, але й кількісних використовуються дискретні параметри (бали), що приймають цілі значення. Наприклад, твердість матеріалів оцінюють балами за шкалою Мооса, енергію сейсмічних хвиль при землетрусах - балами за И. Ріхтером і ін. Методи операцій з дискретними параметрами висловлюються в теорії множин і перш за все в таких її розділах, як в алгебрі множин і в алгебрі висловів (математичній логіці), що становлять основу математичного забезпечення сучасних ЕОМ.

Разом з апаратом алгебри множин і алгебри висловів при дослідженні складних систем широко використовують методи вірогідності, оскільки в них переважають стохастичні процеси. Тому найбільш часто досліджують розвиток процесів з деякою вірогідністю або ж визначають вірогідність протікання процесів, що вивчаються.

Якщо досліджують складні системи, іменовані як узагальнені динамічні системи, що характеризуються великою кількістю параметрів різної природи, то з метою спрощення математичного опису їх розчленовують на підсистеми, виділяють типові підсистеми, проводять стандартизацію зв'язків для різних рівнів, ієрархії однотипних систем. Прикладами такого підходу до вивчення складних систем, наприклад керування, є типові обурення, типові ланки системи з певними статичними й динамічними властивостями. В результаті третього етапу системного аналізу формуються закінчені математичні моделі системи, описані на формальній, наприклад алгоритмічній, мові.

Важливим етапом системного аналізу є четвертий. Це аналіз одержаної математичної моделі, визначення її екстремальних умов з метою оптимізації і формулювання висновків.

Оптимізація полягає в знаходженні оптимуму даної функції (математичної моделі досліджуваної системи, процесу) і відповідно знаходження оптимальних умов поведінки даної системи або протікання даного процесу. Оцінку

оптимізації проводять за критеріями, що приймають у таких випадках екстремальні значення (виражаючи наприклад, максимальне знімання продукції з одиниці об'єму апарату, мінімальну вартість продукції при певній продуктивності, мінімальну витрату палива і т. д.). На практиці вибрати належний критерій достатньо складно, оскільки в завданнях оптимізації може виявлятися необхідність в багатьох критеріях, що іноді виявляються взаємно суперечливими. Тому найбільш часто вибирають який-небудь один основний критерій, а для інших встановлюють порогові гранично допустимі значення. На підставі вибору складається залежність критерію оптимізації від параметрів моделі досліджуваного об'єкту (процесу). Такий результат дослідження надзвичайно важливий для практичних цілей, дає певне подальше дослідно-конструкторське опрацювання завдання.

ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ І МЕТОДОЛОГІЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТВОРЧОСТІ

Творчість - мислення в його вищій формі, що виходить за межі відомого, а також діяльність, що породжує щось якісно нове. Остання включає постановку або вибір завдання, пошук умов, шляху його вирішення і в результаті - створення нового.

Творчість може мати місце в будь-якій сфері діяльності людини: наукової, виробничо-технічної, художньої, політичної і т.д.

Зокрема, наукова творчість пов'язана з пізнанням навколишнього світу. Науково-технічна (або просто технічна) творчість має прикладні цілі й напрям на задоволення практичних потреб людини. Під ним розуміють пошук і вирішення завдання в області техніки на основі використання досягнень науки.

Протягом усієї людської історії вчені й винахідники минулого для створення нового використовували малопродуктивний метод «проб і помилок». Безсистемно перебираючи велику кількість можливих (мислимих) варіантів, вони знаходили (іноді!) потрібне вирішення. При цьому чим складніше завдання, чим вище її творчий рівень, тим більше можливих варіантів її вирішення,

тим більше «проб» потрібно вчинити. В зв'язку з цим творчі знахідки мали переважно випадковий характер. Від першого воза з колесами до винаходу колеса з маточиною й спицями (2 тис. років до н. е.) пройшло близько двох тисячоліть. Проте історія людства показує, що в цілому період реалізації творчих ідей має яскраво виражену тенденцію до скорочення. Дійсно, якщо від друкарських дощок до винаходу книгодрукування (1440) пройшло «лише» шість століть і потім до створення друкарської машинки чотири століття то, наприклад, транзистор винайдений в 1948р., був реалізований в 1953р. В епоху сучасної науково-технічної революції потреба в нових технічних винаходах високого рівня істотно зростає й продовжує збільшуватися, що постійно підвищує вимоги до продуктивності, ефективності і якості творчої праці.

Реалізація цього завдання можлива тільки на основі якісної перебудови стилю мислення, розробки теорії і методології науково-технічної творчості і їх широкого практичного використання.

Творчість є явищем, що відноситься перш за все до конкретних суб'єктів і пов'язана з особливостями людської психіки, закономірностями вищої нервової діяльності, розумової праці. Одні вчені вважають, що мислення починається там, де створилася проблемна ситуація, що припускає пошук рішення в умовах невизначеності, дефіциту інформації. Інші затверджують, що визначальним механізмом творчості є не логіка, а інтуїція. «За допомогою логіки доводять, за допомогою інтуїції винаходять», - говорив А. Пуанкаре. І дійсно, інтуїція часто допомагає в пошуку правильного вирішення, проте при цьому слід зазначити, що якщо раніше явище інтуїції відносилось до чогось містичного й надприродного, то в даний час довели, що інтуїція має матеріалістичне пояснення і є швидким вирішенням, одержаним у результаті тривалого накопичення знань в даній області і, отже, тривалої підготовки. Це, швидше, підсумок розумової діяльності, ніж початок. Таким чином, інтуїція приходить як винагорода за працю вченого і тому складному механізму творчого мислення властиві як інтуїція, так і логіка.

Специфічний акт творчості - **раптове осяяння (інсайт)** - полягає в усвідомленні чогось, що спливає з глибин підсвідомості, в схоплюванні елементів ситуації в тих зв'язках і відносинах, що гарантують вирішення завдання.

Пошук вирішення творчого завдання у зацікавленого й кваліфікованого вченого завжди продовжується в підсвідомості, внаслідок чого можуть бути вирішені найскладніші завдання, причому сам процес обробки інформації при цьому не усвідомлюється. В свідомості відображається лише результат (якщо він одержаний). Тому досліднику іноді здається, що на нього послано осяяння, що вдала думка прийшла невідомо звідки. Можна констатувати, що людина використовує це явище кожного разу, коли він відкладає яку-небудь справу, щоб дати думкам дозріти таким чином, розраховує на роботу своєї підсвідомості.

Однією з проблем творчості є його мотиваційна структура. Мотивації (спонуки) пов'язані з потребами, що діляться на три групи: біологічні, соціальні й ідеальні (пізнавальні). Біологічні потреби (наприклад, принцип економії сил) лежать в основі життєвської винахідливості й вдосконаленні навиків, але можуть придбати й самовизначене значення, перетворившись на лінь. Серед соціальних потреб мотивами до творчості можуть бути прагнення до матеріальної винагороди, до шани й пошани в суспільстві. Ідеальні - складають потреби пізнання в найширшому значенні. Вони ведуть своє походження від потреби в інформації, спочатку властивій всьому живому, разом з потребою в притоці речовини й енергії. Задоволення будь-якої потреби вимагає інформації про шляхи й способи досягнення мети. Але існує потреба в інформації і як прагнення до нового, раніше не відомому. Найважливішим для творчості видом мислення є уява. Творчій уяві, фантазії належить вирішальна роль у створенні нового й розвитку суспільства. Ця здатність повинна постійно розвиватися, стимулюватися й тренуватися. Розрізняють три типи уяви: логічна (виводить майбутнє з теперішнього часу шляхом логічних перетворень); критична (шукає, що саме в сучасній системі недосконало, й потребує зміни); творча (народжує принципово нові ідеї і уявлення, що спираються на елементи дійсності, але не мають поки прообразів у реальному світі).

Активізація творчого мислення припускає знання чинників, що негативно впливають на нього. До числа таких чинників відноситься відсутність гнучкості мислення, сила звички, вузькопрактичний підхід, надмірна спеціалізація, вплив авторитетів, боязнь критики, страх перед невдачею, занадто висока самокритичність, лінь.

Протилежністю творчої уяви є психологічна інерція мислення, пов'язана з прагненням діяти відповідно до минулого досвіду й знань, з використанням стандартних методів і т.д.

У зв'язку з цим необхідно формулювати технічні завдання так, щоб виключити можливість психологічної інерції та її негативного впливу на творчість, прагнути всебічно розвивати творчу уяву.

Творча особа володіє переліком особливостей і перш за все вмінням зосередити увагу й довго утримувати його на якому-небудь питанні або проблемі. Це одна з найважливіших умов успіху у будь-якому вигляді діяльності. Без завзятості, наполегливості, цілеспрямованості немислимі творчі досягнення.

Отримання значущого результату безпосередньо залежить від вихідної світоглядної позиції автора, принципового системного підходу до постановки проблеми і визначення загальних шляхів руху дослідницької думки. В науково-технічній творчості матеріалістична діалектика як наука про самі загальні закони розвитку природи, суспільства, мислення й системний підхід складають єдиний напрям у розвитку сучасного наукового пізнання.

Наприклад, системне дослідження технічного об'єкту вимагає розгляду середовища, надсистеми (в яку середовище входить) і її елементів (підсистем) на різних ієрархічних рівнях, а також зв'язків, структури і організації системи (керування, мети). При системному підході вирішальне значення слід додавати внутрішній організації системи, її багаторівневості (рис. 1). Розчленовування системи на підсистеми визначається внутрішніми властивостями системи.

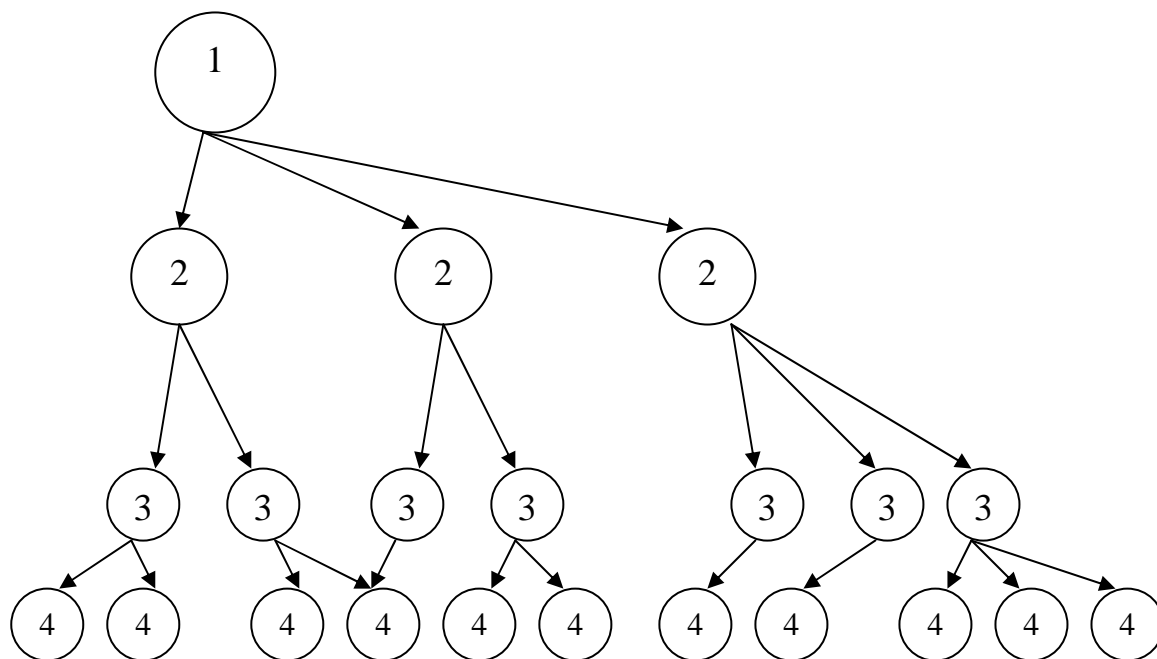


Рис. 1. Ієрархічні рівні технічної системи:

1 - технічна система; 2 - складові частини; 3 - складальні системи; 4 - деталі

Представляючи технічний об'єкт як систему, потрібно в першу чергу розглянути в ньому такі властивості, що не виходять «складанням алгебри» властивостей елементів (наприклад, біметалічна пластина при нагріві згинається, що не властиве монометалічним елементам).

Будь-яка система є комплексом взаємодій, за допомогою яких вона виявляється як щось визначене і цілісне. Всяка взаємодія є процесом обміну систем речовиною, енергією, інформацією і т. п., має змінний характер, суперечність (боротьба) періодично чергує із сприянням (співпрацею). Роль і значення взаємодії суперечностей та сприяння у всесвіті не рівноцінні. Тільки суперечності виступають як внутрішній імпульс, джерело руху й розвиток природи, суспільство, мислення, техніка.

Суперечності в технічних системах надзвичайно різноманітні формою й проявам, мають скороминущий історичний характер, взаємозв'язані та взаємообумовлені. В процесі вирішення науково-технічних завдань послідовно виявляються спочатку зовнішні, а потім внутрішні суперечності на рівні, що все більше заглиблюється. Зовнішні суперечності передують науково-технічному за-

вданню й створюють мотиви для її виявлення й вирішення. Серед внутрішніх суперечностей (суперечностей самої структури системи) виділяють основні й головні технічні й фізичні суперечності.

Технічні суперечності виникають між елементами системи і їх частинами, між технічними параметрами і властивостями. Вони полягають в тому, що, наприклад, збільшення потужності корисного агрегату може викликати неприпустиме погіршення екологічної обстановки або необхідне підвищення міцності викликає неприпустиме збільшення маси конструкції і т.д.

Фізичні суперечності полягають в наявності біля одного й того ж елемента системи (її уявної моделі) взаємопротилежних фізичних властивостей або функцій. Наприклад, елемент електричної схеми повинен, бути провідником, щоб виконувалася одна дія, і одночасно діелектриком, щоб виконувала інша. Ця суперечність дозволяє інший елемент - діод.

Шлях до вирішення завдання, до створення якісно нової технічної системи, лежить через виявлення все більш глибоких суперечностей і знаходження способів їх вирішення. В цьому полягає один з проявів закону переходу кількісних змін в якісні. В той же час нова технічна система є органічним синтезом нових і деяких елементів колишніх рішень в новому цілому, демонструючи тим самим дію закону заперечення заперечення як фундаментального принципу діалектики, що визначає всякий розвиток.

Рівень технічного розвитку залежить безпосередньо як від рівня природознавства (від ступеня пізнання законів природи), так і від накопичених людством знань у боротьбі за підкорення сил природи. Разом з тим засоби праці (техніка) створені людиною в процесі суспільного виробництва входять невід'ємним елементом у систему продуктивних сил. У зв'язку з цим техніка нерозривно пов'язана і способом виробництва, що включає й виробничі відносини. Тільки економічні закони даного суспільного устрою визначають витoki, напрями і темпи розвитку техніки.

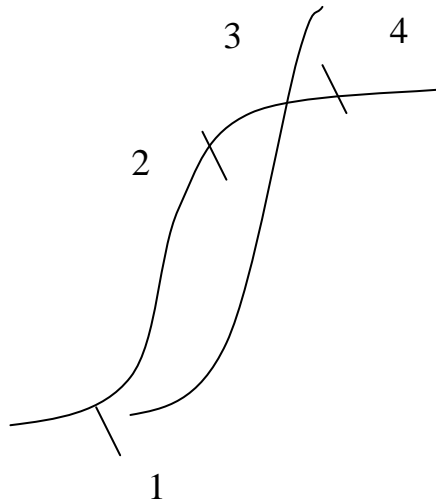


Рис. 2. Розвиток головних показників системи в часі

Життя будь-якої системи (технічної, системи живих організмів і ін.) можна зобразити у вигляді логічної кривої (рис.2), що ілюструє зміни в часі головних показників системи П (наприклад продуктивності, надійності і економічності). Не дивлячись на індивідуальні особливості, ця залежність має характерні ділянки, загальні для всіх систем. Спочатку система (ділянка) А розвивається поволі, існує у вигляді моделі, дослідної установки, одиничного зразка. Потім (ділянка 2) вона швидко удосконалюється, починається її масове вживання. Потім темпи розвитку йдуть на спад (ділянка 3), система вичерпує свої можливості. Далі технічна система деградує й змінюються принципово іншою системою Б, іноді довгий час зберігаючи досягнуті показники (ділянка 4).

Знання особливостей розвитку технічних систем необхідне для з'ясування резервів і визначення доцільності вдосконалення даної системи або створення принципово нових рішень. У зв'язку з тим що життєздатними виявляються тільки ті технічні рішення, що відповідають закономірностям розвитку техніки, особливу цінність представляє здатність винахідника правильно передбачати напрями й тенденції можливої зміни початкової технічної системи і діяти відповідно до цих закономірностей.

Приведені елементи теорії пізнання є основними методологічними засобами науково-технічної творчості, до яких відносяться також евристичні при-

йоми і методи активізації й наукової організації творчої праці. Приведемо деякі з них.

Прийоми дроблення й об'єднання (частин або операцій). Наприклад, гайка, різьблення й корпус якої виконані окремими деталями, може бути знята з болта без згвинчення, й об'єднання в автомобільному колесі двох шин дозволяє набагато підвищити його надійність.

Прийом винесення (відділення частини або виділення, що заважає, єдиною потрібною). Наприклад, при флюорографії для захисту від рентгенівських променів багатьох органів, на шляху випромінювання ставлять захисні бар'єри, залишаючи доступними для нього тільки потрібні частини грудної клітки.

Прийом інверсії (замість диктованої умовами завдання дії використовувати протидію). Наприклад, у пристрої для тренування плавців назустріч подається вода, а сам плавець залишається на місці.

Прийом переходу в інше вимірювання використаний, наприклад, у пропозиції берегти колоди у воді у вигляді пучків діаметром, що перевищує довжину, і встановлювати пучки у вертикальному положенні.

Прийом універсальності (ручка портфеля може одночасно служити еспандером).

Прийом обігу шкоди в користь може бути реалізований, наприклад, при розливах річок і небезпеки повені шляхом розміщення на берегах серії великих гумових резервуарів, що заповнюються за допомогою помпи «зайвою» водою з річки. Такі водяні греблі будують і забирають буквально за хвилини.

Прийом самообслуговування використаний, наприклад, у пропозиції підвищити стійкість плит корпусу дробометального апарату шляхом додання йому властивості магніту, що утримує на своїй поверхні постійно шар дробу, що оновлюється. Таким чином, сутність багатьох (у тому числі перерахованих) ефективних прийомів творчості розкривається в їх назвах.

Аналіз патентних матеріалів показує, що винаходи високого рівня, як правило, засновані на прямому використуванні фізичних явищ, законів природи. Поки таких винаходів мало через слабку інформованість фахівців про но-

ві винаходи й відкриття. Щоб виправити таке положення, багато дослідницьких колективів створюють фундації описів фізико-технічних ефектів, використовують їх в машинному (автоматизованому) пошуковому конструюванні. Ефективним евристичним прийомом у творчій діяльності є також ідеалізація кінцевого результату - машини, процесу або матеріалу.

Ідеальне вирішення - це найсильніше зі всіх мислимих вирішень даного завдання. Дуже важливо навчитися користуватися поняттями про ідеальні машини, процесі або матеріалі. Наприклад, ідеальною може бути визнана лампочка розжарювання з контактами зі ртуті, що забезпечують її включення в одному положенні й виключення - в іншому. Таким чином, необхідні дії здійснюються без вимикача у вигляді окремого елемента в ланцюзі.

При роботі над винаходом необхідно прагнути максимально наблизитися до ідеального результату, значно поліпшити необхідні показники, не погіршивши інших.

Важливим загальнонауковим методом пізнання є **аналогія**.

На практиці використовують в основному чотири види аналогії: пряма, символічна, особиста й фантастична. При прямій аналогії даний об'єкт порівнюють з більш менш подібним з іншої області техніки або живої природи. Наприклад, датчик, що реагує на рухомий об'єкт так само, як око жаби на муху, що пролітає поруч.

Символічна аналогія (узагальнена, абстрактна) вимагає формулювання в парадоксальній формі суті явища або поняття. Наприклад, полум'я - видима теплота; міцність - примусова цілісність і т.п.

Особиста аналогія є ототожненням себе з досліджуваним об'єктом. Для цього людина, що вирішує завдання повинна вжитися в образ вибраного об'єкту з метою з'ясування виникаючих при цьому відчуттів, тобто «пережити» завдання.

При **фантастичній аналогії** в об'єкт вводять які-небудь фантастичні засоби, що виконують те, що потрібне за умов завдання. Наприклад, «чарівна паличка», «золота рибка» і т.д.

Дослідники й винахідники в своїй практиці давно використовують **фізичну й математичну аналогії**. Абсолютно схожими є, наприклад, структури формул для визначення сили тяжіння $F_t = \frac{r m_1 m_2}{r^2}$ й сили електростатичної взаємодії $F_e = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$. Аналогія лежить в основі фізичного й математичного (АВМ) моделювання.

Така аналогія є базою параметричного структурного методу творчості, заснованої на енергоінформаційних моделях ланцюгів і параметричних структурних схемах. Для опису процесів різної фізичної природи в технічних пристроях оперують величинами, приклади яких приведені в табл.1. Критерії аналогії дозволяють описувати системою аналогічних рівнянь не тільки процеси в ланцюгах різної фізичної природи, але і зв'язувати ці ланцюги між собою за допомогою коефіцієнтів міжланцюгових і внутрішньо ланцюгових фізико-технічних ефектів. Для полегшення використання таких аналогій розроблені спеціальні карти топограм зв'язку величин усередині ланцюга однієї фізичної природи й величин різної фізичної природи.

У науково-технічній творчості обов'язково використовують такий загальнонауковий метод, як аналіз. Широке поширення в творчій діяльності набув, наприклад, морфологічний аналіз, або метод морфологічного ящика, що полягає в систематичному дослідженні всіх мислимих варіантів, що витікають із закономірностей будови (тобто морфології) обраної системи.

Метод передбачає: формулювання завдання, складання списку характерних параметрів (або ознак) об'єкта.

Наприклад, для такої технічної системи, як авторучка, характерними ознаками є: перо або кулька, балон або механізм для наповнення ручки чорнилом і т.п. До таких ознак пред'являють певні вимоги. Вони повинні бути істотними для будь-якого вирішення; незалежними один від одного; охоплюючими всі аспекти завдання; достатньо нечисленними, щоб забезпечити швидке вивчення; складання списку часткових вирішень для кожного параметра або ознаки. Для кожної ознаки записують можливі варіанти. Доцільно при цьому вказати, що іншого параметра немає взагалі, що полегшує вихід до нових, іноді ефе-

ктивних рішень; визначення функціональної цінності всіх можливих поєднань. На практиці частіше за все використовують морфологічну карту, тобто складають двовісну таблицю, в кожній клітині якої знаходиться один варіант.

Таблиця 1. Механічна і гідравлічна аналогії узагальнених величин параметрів

Узагальнені величини й параметри	Аналогія	
	механічна	гідравлічна
Дія	Сила $F = F[H]$	Різниця тиску
Реакція	Швидкість $v = v[m/c]$	Об'ємна швидкість течії
Заряд	Переміщення $x = x[m]$	Об'єм рідини
Імпульс	Імпульс сили $p = F \cdot dt [кг \cdot м/с]$	Твір маси й швидкості рідини на одиницю площі
Опір	Коефіцієнт в'язкого тертя $R = k_f \cdot v [Н \cdot с/м^2]$	Гідравлічний опір ламінарному потоку
Місткість	Податливість $C = [м/Н]$	Твір коефіцієнта об'ємного стиснення й об'єм рідини
Індуктивність	Маса $m = \rho \cdot V [кг]$	Відношення маси рідини до квадрата перерізу поперечного

На закінчення необхідно вибрати найприйнятніше вирішення, для відбору якого особливих правил немає, але бажано вибирати декілька головних елементів, а інші підбирати так, щоб вони відповідали і усилювали головні елементи. В табл. 1 як приклад наведено морфологічну таблицю для авторучки, що представляє її самі різні властивості.

Найбільш доцільно використовувати морфологічний аналіз при вирішенні конструкторських завдань загального плану, проектуванні машин і пошуку компоновальних або схемних вирішень. Він може застосовуватися для прогнозування розвитку технічних систем, при визначенні можливості патентування оригінальних комбінацій основних параметрів.

Прості й вельми ефективні асоціативні методи активізації творчого мислення, що ґрунтуються на вживанні семантичних властивостей понять. Основними джерелами для генерації ідей служать асоціації, метафори й випадково вибрані поняття, ознаки яких переносяться на обраний об'єкт. До таких методів відносяться методи каталога (Ф. Кунце), фокальних об'єктів (Ч. Вайтінг) і гір-

лянд випадковостей і асоціацій (Р. Я. Буш). Прикладом вживання останнього методу може служити завдання розширення асортименту стільців меблевої фабрики. Відповідно до методу необхідно: 1) визначити синоніми об'єкту (гірляндю синонімів для слова «стілець» є: стілець-крісло-табурет-пуф-лавка і т. д.); 2) скласти довільний набір випадкових об'єктів (другу гірлянду слів, узятих на вмання, наприклад: електролампочка-пратка-карман-кільце-квітка-пляж); 3) утворити комбінації з елементів двох складених гірлянд і шляхом з'єднання кожного синоніма з кожним випадковим об'єктом (стілець з електролампочкою, гратчастий стілець, стілець з кишенями, табурет для кольорів і т. д.); 4) скласти переліки ознак випадкових об'єктів (наприклад, електролампочка: скляна, матова, колбоподібна, з цоколем і т.п.); 5) формування пропозицій шляхом почергового приєднання до обраного об'єкта (і його синонімів) ознак випадково обраних об'єктів. Наприклад, з урахуванням ознак електролампочки, можна одержати: скляний стілець, тепло що випромінює крісло, колбоподібний пуф, прозоре крісло і т.д.; 6) скласти гірлянди асоціацій з ознак випадкових об'єктів, виявлених на кроці; 7) до елементів гірлянди синонімів обраного об'єкту приєднати елементи гірлянд асоціацій (утворюються нові варіанти: пуф з піни, стілець з пористого матеріалу і т.д.); 8) потім проводять оцінку й вибір раціональних варіантів у відборі оптимального варіанту.

Інтерес представляють також методи психологічної активізації колективної творчої діяльності. Одним з них є «мозкова атака» («мозковий штурм»), запропонована А. Осборном. Для усунення психологічних перешкод, що викликаються, наприклад, боязню критики, процеси генерування ідей і їх критичної оцінки в мозковій атаці розділені в часі і проводяться, як правило, різними групами людей. Перша група тільки висуває різні пропозиції і варіанти рішень без критики. В неї бажано включати людей, схильних до абстрагування, до фантазії. Друга група - це «експерти», що виносять думку про цінність висунутих ідей. В її склад краще включати людей з аналітичним і критичним складом мислення.

У практиці масової технічної творчості використовують також **методику програмного вирішення науково-технічних завдань** (алгоритм рішення завдань винахідництва (АРІЗ)). Поняття «**алгоритм**» має на увазі комплекс послідовно виконуваних дій. Завдання в АРІЗ рекомендують формулювати (в термінах, доступних неспеціалісту) у вигляді небажаного ефекту або головної труднощі, а не мети. Значення процесу вирішення за АРІЗ полягає в тому, щоб після виявлення технічних і фізичних суперечностей усунути їх шляхом цілеспрямованого перебору щодо невеликого числа варіантів.

Вищезазначені методологічні засоби творчого пошуку може використовувати дослідник у різних поєднаннях і послідовностях, але загальну схему вирішення науково-технічних завдань можна представити у вигляді наступних етапів:

- аналіз технічних потреб суспільства й виявлення технічного недоліку;
- аналіз систем завдань і вибір конкретного завдання;
- аналіз технічної системи і розробка її моделі;
- аналіз і формулювання умов технічного завдання;
- аналіз і формулювання умов завдання винахідництва;
- пошук ідеї вирішення (принципу дії);
- синтез нового технічного вирішення.

На першому етапі можна використовувати, наприклад, методи прогнозування. Морфологічний аналіз можна використовувати на різних етапах процесу вирішення завдання. АРІЗ включає етапи від аналізу технічної системи до пошуку ідеї вирішення (включно). Наведені тут приклади методичних засобів можуть бути елементами системи досліджень більш високого ієрархічного рівня.

У даний час відомі сотні евристичних методів пошуку вирішення проблемних завдань, але вище розглянуто лише ті методи, що достатньо широко використовуються в творчій діяльності. Кожний фахівець повинен знати ці методи й навчитися використовувати їх у своїй творчій роботі.

НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ. МЕТА, ОБ'ЄКТ І ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета наукового дослідження - всебічне, достовірне вивчення об'єкта, процесу або явища; їх структури, зв'язків і відносин на основі розроблених у науці принципів і методів пізнання, а також отримання і впровадження у виробництво (практику) корисних для людини результатів.

Будь-яке наукове дослідження має свій об'єкт і предмет. **Об'єктом** наукового дослідження є матеріальна або ідеальна система. **Предмет** - це структура системи, закономірності взаємодії елементів усередині системи і зовні неї, закономірності розвитку, різні властивості, якості тощо.

Наукові дослідження класифікують за видами зв'язку з суспільним виробництвом і ступенем важливості для народного господарства; цільовому призначенню; джерелам фінансування й тривалості ведення дослідження.

За видами зв'язку з суспільним виробництвом наукові дослідження підрозділяють на роботи, направлені на створення нових технологічних процесів, машин, конструкцій, підвищення ефективності виробництва, поліпшення умов праці, розвиток особи людини і т.п.

За цільовим призначенням виділяють три види наукових досліджень: фундаментальні, прикладні й розробки.

Фундаментальні дослідження направлені на відкриття й вивчення нових явищ і законів природи, на створення нових принципів дослідження. Їх метою є розширення наукового знання суспільства, встановлення того, що може бути використане в практичній діяльності людини. Такі дослідження ведуться на межі відомого й невідомого, мають найбільший ступінь невизначеності.

Прикладні дослідження направлені на знаходження способів використання законів природи для створення нових і вдосконалення існуючих засобів і способів людської діяльності. Мета – встановлення того, як можна використовувати наукові знання, одержані в результаті фундаментальних досліджень, в практичній діяльності людини.

У результаті прикладних досліджень на основі наукових понять створюються технічні поняття. Прикладні дослідження, в свою чергу, підрозділяються на пошукові, науково-дослідні й дослідно-конструкторські роботи.

Пошукові дослідження направлені на встановлення чинників, що впливають на об'єкт, відшукування шляхів створення нових технологій і техніки на основі способів, запропонованих у результаті фундаментальних досліджень. У результаті науково-дослідних робіт створюють нові технології, дослідні установки, прилади і т.п. Метою дослідно-конструкторських робіт є підбір конструктивних характеристик, що визначають логічну основу конструкції. В результаті фундаментальних і прикладних досліджень формується нова наукова і науково-технічна інформація. Цілеспрямований процес перетворення такої інформації у форму, придатну для освоєння в промисловості, звичайно називається розробкою. Вона направлена на створення нової техніки, матеріалів, технології або вдосконалення існуючих. Кінцевою метою розробки є підготовка матеріалів прикладних досліджень до упровадження.

За ступенем важливості для народного господарства наукові дослідження підрозділяються на:

- найважливіші роботи, виконувані за спеціальними ухвалами Кабінету Міністрів України;
- роботи, виконувані за планами галузевих міністерств і відомств;
- роботи, виконувані за ініціативою й планами науково-дослідних організацій.

Залежно від джерела фінансування наукові дослідження ділять на держбюджетні й госпдоговірні, та що не фінансуються. Держбюджетні наукові дослідження фінансують із засобів державного бюджету. Госпдоговірні дослідження фінансують організації-замовники на основі господарських договорів. Такі організації можуть бути як виробничі, так і науково-дослідні.

Дослідження, що не фінансуються, виконують за договорами про співпрацю.

Кожну науково-дослідну роботу можна віднести до певного напрямку. Під науковим напрямом розуміють науку або комплекс наук, в області яких ведуться дослідження. В зв'язку з цим розрізняють: технічні, біологічні, соціальні, фізико-технічні, історичні та інші. напрями з можливою подальшою деталізацією. До технічного напрямку можна віднести дослідження в області технічної термодинаміки; до біологічного напрямку – дослідження в області біохімії або генної інженерії і т.д.

Таким чином, основою наукового напрямку є спеціальна наука або ряд спеціальних наук, що входять до тої або іншої наукової галузі, а також спеціальні методи дослідження й технічні пристрої (наприклад, газотурбобудування і т.д.).

Структурними одиницями наукового напрямку є комплексні проблеми; проблеми, теми й наукові питання. Комплексна проблема є сукупністю проблем, з'єднаних єдиною метою; проблема - це сукупність складних теоретичних і практичних завдань, вирішення яких назріли в суспільстві. З соціально-психологічних позицій проблема - це віддзеркалення суперечності між суспільною потребою в знанні й відомими шляхами його отримання, суперечності між знанням й незнанням. Проблема виникає тоді, коли людська практика зустрічає утруднення або навіть натрапляє на «неможливість» у досягненні мети. Проблема може бути глобальною, національною, регіональною, галузевою, міжгалузевою, тобто такою що залежить від масштабу виникаючих завдань. Так, наприклад, проблема охорони природи є глобальною, оскільки її вирішення направлено на задоволення загальнолюдських потреб. Окрім перерахованих розрізняють проблеми загальні й специфічні. До загальних відносять проблеми загальнонаукові, загальнонародні і т.п. Загальнонародні проблеми нашої країни сформовані в «Енергетичній стратегії України на період до 2030 року». До них відносяться: структура споживання й виробництва електроенергії, впровадження мало відхідних і безвідходних, енерго- і матеріалозберігаючих технологічних процесів і систем; забезпечення динамічного й пропорційного розвитку

єдиного народногосподарського комплексу країни й ефективна взаємодія всіх його ланок і т.д.

Специфічні проблеми характерні для певних виробництв тієї або іншої промисловості. Так, в автомобільній промисловості такими проблемами є економія палива, створення нових видів пального і т.п.

Тема наукового дослідження є складовою частиною проблеми. В результаті досліджень за темою одержують відповіді на певний круг наукових питань, що охоплюють частину проблеми. Узагальнення результатів відповідей у комплексі тем може дати вирішення наукової проблеми.

Під науковими питаннями звичайно розуміють дрібні наукові завдання, що відносяться до конкретної теми наукового дослідження.

Вибір напрямку, проблеми, теми наукового дослідження і постановка наукових питань є надзвичайно відповідальним завданням. Актуальні напрями і комплексні проблеми досліджень формулюються в директивних документах уряду нашої країни. Напрямок дослідження часто зумовлюється специфікою наукової установи, галуззю науки, де працює дослідник. Тому вибір наукового напрямку для кожного окремого дослідника часто зводиться до вибору галузі науки, в якій він бажає працювати. Конкретизація ж напрямку дослідження є результатом вивчення полягання виробничих запитів, суспільних потреб і полягання досліджень в тому або іншому напрямі на даному відрізку часу. В процесі вивчення полягання і результатів вже проведених досліджень можуть формулюватися ідеї комплексного використання декількох наукових напрямів для вирішення виробничих завдань. Слід при цьому відзначити, що найсприятливіші умови для виконання комплексних досліджень є у вищій школі, в її університетах і політехнічних інститутах, у зв'язку з наявністю в них учбових наукових шкіл, що склалися в різних областях науки й техніки. Вибраний напрям досліджень часто надалі стає стратегією науковця або наукового колективу, іноді на тривалий період.

При виборі проблем і тем наукового дослідження спочатку на основі аналізу суперечностей досліджуваного напрямку формулюють саму проблему і ви-

значають в загальних рисах очікувані результати, потім розробляють структуру проблеми, виділяють теми, питання, призначають виконавців, встановлюють їх актуальність.

При цьому важливо вміти відрізнити псевдопроблеми (помилкові, уявні) від наукових проблем. Найбільша кількість псевдопроблем пов'язана з недостатньою інформованістю науковців, тому іноді виникають проблеми, метою яких виявляються раніше одержані результати. Це приводить до марних витрат праці вчених і засобів. Разом з тим слід зазначити, що іноді при розробці особливо актуальної проблеми доводиться йти на її дублювання з метою залучення до її вирішення різних наукових колективів у порядку конкурсу.

Після обґрунтування проблеми й встановлення її структури визначають теми наукового дослідження, кожна з яких повинна бути актуальною (важливою, потребуючою найшвидшого дозволу), мати наукову новизну, тобто повинна зробити вагомий внесок в науку, бути економічно ефективною для народного господарства. Тому вибір теми повинен базуватися на спеціальному техніко-економічному розрахунку. При розробці теоретичних досліджень вимога економічності іноді замінюється вимогою значущості, що визначає престиж вітчизняної науки.

Кожний науковий колектив (ВУЗ, НДІ, відділ, кафедра) за традиціями, що склалися, має свій науковий профіль, кваліфікацію, компетентність, що сприяє накопиченню досвіду досліджень, підвищенню теоретичного рівня розробок, якості й економічної ефективності, скороченню терміну виконання дослідження. Разом з тим не можна допускати монополію в науці, оскільки це виключає змагання ідей і може понизити ефективність наукових досліджень.

Важливою характеристикою теми є можливість швидкого впровадження одержаних результатів у виробництво. Особливо важливо забезпечити широке впровадження результатів у масштабах, наприклад, галузі, а не тільки на підприємстві замовника. При затримці впровадження або при впровадженні на одному підприємстві ефективність таких тем істотно знижується.

Вибору теми повинно передувати ретельне ознайомлення з вітчизняними й зарубіжними літературними джерелами даної і суміжних спеціальностей. Істотно спрощується методика вибору тем у науковому колективі, що має наукові традиції (свій профіль) і розробляє комплексну проблему.

При колективній розробці наукових досліджень велику роль набувають критика, дискусії, обговорення проблем і тем. У процесі дискусії виявляються нові, ще не вирішені актуальні завдання різного ступеня важливості й об'єму. Це створює сприятливі умови для участі в науково-дослідній роботі вузу студентів різних курсів. На першому етапі викладачам доцільно доручити студентам підготовку за темою одного-двох рефератів, провести з ними консультації, визначити конкретні завдання. Велике значення для вибору прикладних тем має чітке формулювання завдань замовником (міністерством, об'єднанням і т.д.).

При цьому необхідно мати на увазі, що в процесі наукових розробок можливі й деякі зміни в тематиці на вимогу замовника залежно від виробничої обстановки, що складається.

Оцінка економічної ефективності теми. Приведені вище вимоги (критерії), що пред'являються до вибору тем, дозволяють всесторонньо оцінити й встановити придатність їх для даної науково-дослідної організації. Проте в ряді випадків при плануванні тем виникає потреба у виборі найперспективніших, економічно обгрунтованих тем. У цьому випадку оцінку необхідності розробки тем необхідно визначати чисельними критеріями, найпростішим з яких є критерій економічної ефективності $k_z = E_p / Z_i$, де E_p - передбачуваний економічний ефект від упровадження; Z_i - витрати на наукові дослідження.

Чим більше значення k_z , тим ефективніша тема й вища її народногосподарська ефективність.

Проте критерій k_z не враховує обсяг упроваджуваної продукції, період упровадження, тому більш об'єктивним є критерій, обчислюваний за формулою $k_z = C_g T / Z_o$.

Тут C_g - вартість продукції за рік після освоєння наукового дослідження й впровадження у виробництво; T - тривалість виробничого впровадження в лі-

тах; Зо - загальні витрати на виконання наукового дослідження, дослідне й промислове освоєння продукції і річні витрати на її виготовлення за новою технологією.

Економічність є найважливішим критерієм перспективності теми. Проте при оцінюванні крупних тем за цим критерієм потрібна більш загальна оцінка, що враховує інші показники. В цьому випадку часто використовують експертну оцінку, що виконує спеціально підібраний склад висококваліфікованих експертів (звичні від 7 до 15 чоловік). З їх допомогою залежно від специфіки тематики, її напряму або комплексності встановлюють оцінні показники тем. Тему, що одержала максимальну підтримку експертів, вважають найперспективнішою.

Етапи науково-дослідної роботи. Науково-дослідну роботу виконують в певній послідовності. Спочатку формулюють саму тему в результаті загального ознайомлення з проблемою, в рамках якої належить виконати дослідження і розробляють основний початковий передплановий документ - техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) теми. Тільки за наявності такого обґрунтування можливе подальше планування і фінансування теми замовником. В першому розділі ТЕО теми указують причини розробки (її обґрунтування), приводять короткий літературний огляд, в якому описують вже досягнутий рівень досліджень і раніше одержані результати. Особливу увагу надають ще не вирішеним питанням, обґрунтуванню, актуальності й значущості роботи для галузі і народного господарства країни. Такий огляд дозволяє намітити методи вирішення завдання і етапи дослідження, визначити кінцеву мету виконання теми. Сюди входять патентне опрацювання теми і визначення доцільності закупівлі ліцензій.

На стадії складання ТЕО встановлюють область використання очікуваних результатів НДР, можливість їх практичної реалізації в даній галузі, визначають передбачуваний (потенційний) економічний ефект за період вживання нової техніки (залежно від тривалості розробки НДР і ДКР, етапів завершення і впровадження окремих питань). Окрім економічного ефекту в ТЕО указують

передбачувані соціальні результати (зростання продуктивності праці, якості продукції, підвищення рівня безпеки і виробничої санітарії, забезпечення охорони природи і навколишнього середовища). В результаті складання ТЕО роблять висновок про доцільність і необхідність виконання НДР і ДКР. Техніко-економічне обґрунтовування затверджує галузеве міністерство. Після затвердження ТЕО конкретизують мету і завдання дослідження. Складають бібліографічний список вітчизняної і зарубіжної літератури, науково-технічних звітів за темою різних організацій відповідного профілю, складаються анотації літературних джерел і у разі потреби реферати за темою, з'ясовуються явища, процеси, предмети, що повинні охопити конкретне дослідження, а також методи дослідження (експериментальні, теоретичні і т.д.).

Метою теоретичних досліджень є вивчення фізичного суті предмету. В результаті обґрунтовують фізичну модель, розробляють математичні моделі й аналізують одержані таким чином попередні результати.

Перед організацією експериментальних досліджень розробляють завдання, вибирають методику і програму експерименту. Його ефективність істотно залежить від вибору засобів вимірювань. При вирішенні цих завдань необхідно керуватися інструкціями і Гостами.

Затверджені методичні рішення формують у вигляді методичних вказівок на проведення експерименту.

Після розробки методик дослідження складають робочий план, в якому вказують обсяг експериментальних робіт, методи, техніку, трудомісткість і терміни.

Після завершення теоретичних і експериментальних досліджень проводять загальний аналіз одержаних результатів, здійснюють зіставлення гіпотези з результатами експерименту. В результаті аналізу розбіжностей уточнюють теоретичні моделі. У разі потреби проводяться додаткові експерименти. Потім формують наукові й виробничі висновки, складають науково-технічний звіт.

Наступним етапом розробки теми є впровадження результатів досліджень у виробництво й визначення їх дійсної економічної ефективності. Впро-

вадження фундаментальних і прикладних наукових досліджень у виробництво здійснюють через розробки, що проводять, як правило, в дослідно-конструкторських бюро, проектних організаціях, дослідних заводах і майстернях. Розробки оформлюють у вигляді дослідно-технологічних або дослідно-конструкторських робіт, що включають формулювання теми; мету і завдання розробки; вивчення літератури; підготовку до технічного проектування експериментального зразка; технічне проектування (розробка варіантів технічного проекту з розрахунками й розробкою креслень); виготовлення окремих блоків, їх об'єднання в систему; узгодження технічного проекту та його техніко-економічне обґрунтування. Після цього виконують робоче проектування (детальне опрацювання проекту); виготовляють дослідний зразок; здійснюють його випробування, доведення й регулювання; стендові і виробничі випробування. Після цього здійснюють доробку дослідного зразка (аналіз виробничих випробувань, переробка й заміна окремих вузлів).

Успішне виконання перерахованих етапів роботи дає можливість представити зразок до державних випробувань, в результаті яких зразок запускають в серійне виробництво. Розробники при цьому здійснюють контроль і дають консультації.

Впровадження завершується оформленням акту економічної ефективності результатів дослідження.

ЗАВДАННЯ І МЕТОДИ ТЕОРЕТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою теоретичних досліджень є виділення в процесі синтезу знань істотних зв'язків між досліджуваним об'єктом і навколишнім середовищем, пояснення й узагальнення результатів емпіричного дослідження, виявлення загальних закономірностей і їх формалізація.

Теоретичне дослідження завершується формуванням теорії, не обов'язково пов'язаної з побудовою її математичного апарату. Теорія проходить у своєму розвитку різні стадії від якісного пояснення й кількісного вимірювання про-

цесів до їх формалізації і залежно від стадії може бути представлена як у вигляді якісних правил, так і у вигляді математичних рівнянь (співвідношень).

Завданнями теоретичного дослідження є: узагальнення результатів дослідження, знаходження загальних закономірностей шляхом обробки і інтерпретації дослідних даних; поширення результатів дослідження на ряд подібних об'єктів без повторення всього обсягу досліджень; вивчення об'єкта, неприступного для безпосереднього дослідження; підвищення надійності експериментального дослідження об'єкта (обґрунтовування параметрів і умов нагляду, точності вимірювань). При проведенні теоретичних досліджень, заснованих на загальнонаукових методах аналізу й синтезу, широко використовують розчленування й об'єднання елементів досліджуваної системи (об'єкта, явища).

Метод розчленування запропонував французький філософ і природодослідник Р. Декартом. У своїй роботі «Правила для керівництва розуму» він пише: «Звільніть питання від всіх зайвих уявлень і зведіть його до найпростіших елементів». У процесі розчленування виділяють істотні й неістотні параметри, основні елементи й зв'язки між ними. Слід, проте, відзначити, що кожен об'єкт можна розчленувати різними способами і це істотно вплине на проведення теоретичних досліджень, оскільки залежно від способу розчленування процес вивчення об'єкту може спроститися або при неправильному розчленуванні, навпаки, ускладнитися. Після розчленування об'єкта вивчають вид взаємозв'язку елементів і здійснюють моделювання цих елементів. Нарешті, елементи об'єднують в складну модель об'єкта.

На всіх етапах побудови моделі об'єкта здійснюють його спрощення і вводять певні допущення. Останні повинні бути усвідомленими й обґрунтованими. Невірні допущення можуть приводити до серйозних помилок при формулюванні теоретичних висновків. При побудові моделей об'єкта дослідження треба використовувати самі загальні принципи й закономірності. Це дозволяє врахувати всі допущення, прийняті при отриманні формалізованих теорій, і точно визначати область їх вживання.

Протилежним розчленуванню є метод об'єднання й пов'язаний з ним комплексний підхід до вивчення об'єкта, які частіше за все об'єднуються під назвою «загальна теорія систем» або «системологія».

Загальна теорія систем виникла на основі вивчення деяких біологічних об'єктів і явищ і була вперше сформульована Л. Берталанфі.

З часом у структурі загальної теорії систем виділили два напрями. Мета першого напрямку - розвиток ОТС як деякої філософської концепції, що включає такі поняття, як принцип системності, системний підхід, системний аналіз і т.д.

В іншому напрямі загальна теорія систем є деяким математичним апаратом, що претендує на строгий опис закономірностей формуванні розвитку будь-яких систем.

ОТС базується на трьох постулатах. Перший постулат затверджує, що функціонування систем будь-хто природу може бути описано на основі розглядів формальних структурно-функціональних зв'язків між окремими елементами систем. Вплив матеріалу, з якого складаються елементи систем, виявляється в формальних характеристиках, системи (її структурі, динаміці і т.д.). Другий постулат полягає в тому, що організація системи може бути визначена на основі дослідів, проведених з зовні за допомогою фіксації полягань тільки тих елементів системи, що безпосередньо взаємодіють з її оточенням. Третій постулат полягає в тому, що організація системи повністю визначає її функціонування й характер взаємодії з навколишнім середовищем. Ці постулати дають можливість визначити організацію системи, виходячи з характеристик взаємодії із зовнішнім середовищем і характеристики взаємодії, виходячи з організації системи.

Вимога вивчати об'єкт у всіх його зв'язках одержала в загальній теорії систем свій подальший розвиток у формі ряду принципів: системності (цілісне представлення об'єктів); релятивності системи (будь-яку безліч предметів можна розглядати як систему і як несистему); універсальності системи. Цей принцип направлений проти абсолютизації окремих систем і способів їх утворення,

тобто будь-яку безліч можна розглядати як систему і як несистему в певних аспектах і фіксованих умовах.

Теоретичні дослідження включають: аналіз фізичної природи процесів, явищ; формулювання гіпотези дослідження; побудова (розробка) фізичної моделі; проведення математичного дослідження; аналіз теоретичних рішень; формулювання висновків. Якщо не вдається виконати математичне дослідження, то формулюють робочу гіпотезу в словесній формі із залученням графіків, таблиць і т.д. У технічних науках необхідно прагнути вживання математичної формалізації висунутих гіпотез і висновків.

У процесі теоретичних досліджень доводиться безперервно ставити і вирішувати різноманітні за типами й складності завдання в формі суперечностей теоретичних моделей, що вимагають дозволу. (В логічно-психологічному аспекті завдання - це непогоджені або суперечливі інформаційні процеси (системи), співвідношення між якими викликає потребу в їх перетворенні. В процесі вирішення завдання суперечності між вказаними інформаційними процесами або системами усуваються. Структурно будь-яке завдання включає умови й вимоги. Умови - це визначення інформаційної системи, з якої виходить виходити при вирішенні завдання. Вимоги, - це мета, до якої потрібно прагнути. Умови й вимоги можуть бути початковими, залученими й шуканими. Початкові умови даються в первинному формулюванні завдання (початкові дані). Якщо їх виявляється недостатньо для вирішення завдання, то дослідник вимушений залучати нові дані, так звані залучені. Шукані дані або шукані умови - це залучені умови, які вимагається відшукати в процесі вирішення завдання.

Умови й вимоги завдання знаходяться в суперечності, вони неодноразово стикаються, зіставляються, зближуються між собою. Таке перетворення структурних компонентів завдання продовжується до тих пір, поки не буде вирішене саме завдання.

Процес проведення теоретичних досліджень складається звичайно з декількох стадій. Оперативна стадія включає перевірку можливості усунення технічної суперечності, оцінку можливих змін в середовищі, що оточує об'єкт, аналіз

можливості перенесення вирішення завдання з інших галузей знання (відповісти на запитання: «Як розв'язуються в інших галузях знань завдання, подібні до даної?»), вживання «зворотного» вирішення (відповісти на запитання: «Як розв'язують завдання, зворотні до даної, і чи не можна використовувати ці вирішення, узявши їх із знаком мінус?») або використання «прообразів» природи (відповісти на запитання: «Як розв'язуються в природі більш менш подібні завдання?»). Друга стадія дослідження є синтетичною, в процесі якої визначають вплив зміни однієї частини об'єкта на побудову інших його частин, визначають необхідні зміни інших об'єктів, що працюють разом з даним, оцінюється можливість вживання зміненого об'єкта по новому, і знайденої технічної ідеї при вирішенні інших завдань.

Виконання названих попередніх стадій дає можливість приступити до стадії постановки завдання, в процесі якої визначають кінцеву мету вирішення завдання, перевіряють можливість досягнення цієї ж мети вирішення завдання «обхідними» (можливо, більш простими) засобами, вибирають найефективніший шлях вирішення завдання і визначають необхідні кількісні показники. В зв'язку з цим при необхідності уточнюють вимоги стосовно конкретних умов практичної реалізації одержаного вирішення завдання.

Аналітична стадія включає визначення ідеального кінцевого результату (відповісти на питання: «Що бажано одержати в найідеальнішому випадку?»), виявляють перешкоди, що заважають отриманню ідеального результату, їх причини, визначають умови, що забезпечують отримання ідеального результату з метою знайти, за яких умов зникне «перешкода».

Постановка завдання є найскладнішою частиною її вирішення. Вміння побачити приховане основне завдання на самому початку вирішення, а отже, уміння поставити завдання, виділити його з величезної маси оточуючих обставин і, нарешті, дістатися до його завуальованої суті - запорука успіху в досягненні поставленої мети. Чим швидше завдання ставлять, тим швидше воно приходить в полягання рішення. Все це вказує на те, що чітке формулювання основного відношення завдання — найважливіший етап його вирішення. Слід при

цьому мати на увазі, що перетворення на початку розпливчастого формулювання завдання в чітке, визначену (переформулювання) часто полегшує вирішення завдання.

Вирішення теоретичних завдань повинно носити творчий характер. Творчі рішення часто не укладаються в наперед намічені плани. Іноді оригінальні рішення з'являються «раптово», після, здавалося б, тривалих і безплідних спроб. Часто вдалі рішення виникають у фахівців суміжних областей знання, на яких не тисне вантаж відомих рішень. Творчі рішення представляють по суті розрив звичних уявлень і поглядів на явища з іншої точки зору. Слід особливо підкреслити, що власні творчі думки (оригінальні рішення) виникають тим частіше, чим більше сил, праці, часу затрачується на постійне міркування шляхів рішення теоретичного завдання, тим глибше науковець захоплений дослідницькою роботою.

При розробці теорії разом з вищевикладеними, методами використовують і інші. Чималу роль при створенні будь-яких теорій грають, наприклад, логічні методи й правила, що носять нормативний характер. До числа таких правил відносять правила висновку, утворення складних понять з простих, встановлення істинності складних висловів і т.д. Спеціальними принципами побудови теорій служать також принципи формування аксіоматичних теорій, критерії не суперечності, повноти і незалежності систем аксіом і гіпотез та ін.

Теоретичні дослідження грають велику роль у процесі пізнання об'єктивної дійсності, оскільки вони дозволяють глибоко проникнути в суть природних явищ, створювати постійно наукову картину світу, що розвивається. Теоретичне дослідження є функцією мислення, яка полягає в тому, щоб відкривати, перевіряти, частково освоювати різні області природи, створювати й розвивати світогляд.

У цьому процесі пізнання природа розкривається все більш повно, але з кожною новою підтвердженою гіпотезою виникає все більше проблем. Таким чином, із зростанням об'єктивних знань одночасно збільшується і область від-

критих питань, що підлягають вирішенню, оскільки кожна знайдена відповідь лише наближає до пізнання абсолютної істини, але не може досягти її.

Використання математичних методів у дослідженнях. Вирішення практичних завдань математичними методами послідовно здійснюють шляхом математичного формулювання завдання (розробки математичної моделі), вибору методу проведення дослідження одержаної математичної моделі, аналізу одержаного математичного результату.

Математичне формулювання задачі звичайно представляють у вигляді чисел, геометричних образів, функцій, систем рівнянь і т.п. Опис об'єкта (явища) може бути представлений за допомогою безперервної або дискретної, детермінованої або стохастичної і іншими математичними формами.

Математична модель є системою математичних співвідношень - формул, функцій, рівнянь, систем рівнянь, що описують ті або інші сторони об'єкта, що вивчають, явища, процесу.

Першим етапом математичного моделювання є постановка завдання, визначення об'єкта й мети дослідження, завдання критеріїв (ознак) вивчення об'єктів і керування ними. Неправильна або неповна постановка завдання може звести нанівець результати всіх подальших етапів.

Вельми важливим на цьому етапі є встановлення меж області впливу об'єкта, що вивчають. Межі області впливу об'єкта визначають областю значущої взаємодії із зовнішніми об'єктами. Дана область може бути визначена на основі наступних ознак: межі області охоплюють ті елементи, дія яких на досліджуваний об'єкт не дорівнює нулю; за цими межами дія досліджуваного об'єкта на зовнішні об'єкти прагне до нуля. Облік області впливу об'єкта при математичному моделюванні дозволяє включити в цю модель усі істотні чинники й розглядати модельовану систему як замкнуту, тобто, з відомим ступенем наближення, незалежну від зовнішнього середовища. Останнє значно спрощує математичне дослідження.

Наступним етапом моделювання є вибір типу математичної моделі. Вибір типу математичної моделі є найважливішим моментом, що визначає напрям

усього дослідження. Звичайно послідовно будують декілька моделей. Порівняння результатів їх дослідження з реальністю дозволяє встановити якнайкращу з них.

На етапі вибору типу математичної моделі за допомогою аналізу даних пошукового експерименту встановлюють; лінійність або нелінійність, динамічність або статичність, стаціонарність або нестаціонарність, а також ступінь детермінованості досліджуваного об'єкта або процесу.

Лінійність встановлюють за характером статичної характеристики досліджуваного об'єкта. Під статичною характеристикою об'єкта розуміють зв'язок між величиною зовнішньої дії на об'єкт (величиною вхідного сигналу) і максимальною величиною його реакції на зовнішню дію (максимальною амплітудою вихідної характеристики системи). Під вихідною характеристикою системи розуміють зміну вихідного сигналу системи в часі. Якщо статична характеристика досліджуваного об'єкта виявляється лінійною, то моделювання цього об'єкта здійснюють з використанням лінійних функцій. Нелінійність статичної характеристики й наявність запізнювання в реагуванні об'єкта на зовнішню дію є яскравими ознаками нелінійності об'єкта. В цьому випадку для його моделювання повинна бути прийнята нелінійна математична модель.

Вживання лінійної математичної моделі значно спрощує її подальший аналіз, оскільки така модель дозволяє користуватися принципом суперпозиції. Принцип суперпозиції стверджує, що коли на лінійну систему впливають декілька вхідних сигналів, то кожний з них фільтрується системою так, як ніби ніякі інші сигнали на неї не діють. Загальний вихідний сигнал лінійної системи за принципом суперпозиції утворюється в результаті підсумовування її реакції на кожний вхідний сигнал.

Встановлення динамічності або статичності здійснюють за поведінкою досліджуваних показників об'єкта в часі. Стосовно детермінованої системи можна говорити про статичність або динамічність за характером її вихідної характеристики. Якщо середнє арифметичне значення вихідного сигналу на різних відрізках часу не виходить за допустимі межі, визначені точністю методики ви-

мірювання досліджуваного показника, то це свідчить про статичність об'єкта. Стосовно систем вірогідності їх статичність встановлюється за мінливістю рівня її відносної організації. Якщо мінливість цього рівня не перевищує допустимі межі, то система визначається як статична.

Дуже важливим є вибір відрізків часу, на яких встановлюється статичність або динамічність об'єкта. Якщо об'єкт на малих відрізках часу виявився статичним, то при збільшенні цих відрізків результат не зміниться. Якщо ж статичність встановлена для крупних відрізків часу, то при їх зменшенні результат може змінитися і статичність об'єкта може перейти в динамічність.

При виборі типу (класу) моделі об'єкта вірогідності важливе встановлення його стаціонарності. Звично про стаціонарність або нестаціонарність об'єктів вірогідності судять по зміні в часі параметрів законів розподілу випадкових величин. Частіше за все для цього використовують середнє арифметичне випадкової величини $M(t)$ і середнє квадратичне відхилення випадкових величин a_i ($i=1, 2, \dots, n$) від середнього арифметичного й середнього квадратичного відхилення в часі.

Встановлення загальних характеристик об'єкта дозволяє вибрати математичний апарат, на базі якого будують математичну модель. Так, для детермінованих об'єктів можна використовувати апарат лінійної і нелінійної алгебри теорію диференціальних і інтегральних рівнянь, теорію автоматичного регулювання.

Адекватним математичним апаратом для моделювання об'єктів вірогідності є теорія детермінованих і випадкових автоматів з детермінованими й випадковими середовищами, теорія випадкових процесів, теорія марківських процесів, евристичне програмування, методи теорії інформації, методи теорії керування і оптимальні моделі.

При описі квазидетермінованих об'єктів можна використовувати теорію диференціальних рівнянь з коефіцієнтами, що підкоряються певним законам.

Мета й задачі, що ставлять при математичному моделюванні, грають важливу роль при виборі типу (класу) моделі. Практичні завдання вимагають

простого математичного апарату, а фундаментальні - складнішого, допускають проходження ієрархії математичних моделей, починаючи від чисто функціональних і закінчуючи моделями, що використовують твердо встановлені закономірності і структурні параметри.

Не менший вплив на вибір моделі надає аналіз інформаційного масиву, одержаного як результат аналітичного огляду результатів досліджень інших авторів або пошукового експерименту. Розподіл масиву на залежні й незалежні чинники, на вхідні й вихідні змінні, попередній пошук взаємозв'язку між різними даними вибірки дозволяє визначити адекватний математичний апарат.

Аналіз інформаційного масиву дозволяє встановити безперервність або дискретність досліджуваного показника й об'єкта в цілому.

У безперервних об'єктах усі сигнали є безперервними функціями часу. В дискретних об'єктах усі сигнали квантуються за часом у амплітуді. Якщо сигнали квантуються тільки за часом, тобто представляються у вигляді імпульсів з рівною амплітудою, то такі об'єкти називають дискретно-безперервними.

Встановлення безперервності об'єкта дозволяє використовувати для його моделювання диференціальні рівняння. В свою чергу, дискретність об'єкта дає можливість використання для математичного моделювання апарату теорії автоматів.

Окрім вищевикладеного на встановлення типу (класу) математичної моделі може надати істотний вплив необхідність певного відображення гіпотези.

Облік мети й завдання математичного моделювання, характеру гіпотези й аналізу інформаційного масиву дозволяють конкретизувати модель, тобто у вибраному типі (класі) моделей визначати їх вигляд. Вибір виду математичної моделі в даному класі є третім етапом математичного моделювання. Даний етап пов'язаний із завданням областей визначення досліджуваних параметрів об'єкта, тобто значення, що є допустимими, і встановленням залежностей між ними. Для кількісних (числових) параметрів залежності задають у вигляді систем рівнянь (алгебраїчних або диференціальних), для якісних – використовують табличні способи завдання функцій.

Якщо параметри описуються суперечливими залежностями, то визначають їх вагові коефіцієнти, виражені в частках одиниці, балах. Тим самим суперечливі залежності переводять у вірогідність.

Для опису складних об'єктів з великою кількістю параметрів можливе розбиття об'єкта на елементи (підсистеми), встановлення ієрархії елементів і опис зв'язків між ними на різних рівнях ієрархії.

Особливе місце на етапі вибору виду математичної моделі займає опис перетворення вхідних сигналів у вихідні характеристики об'єкта.

Якщо на попередньому етапі було встановлено, що об'єкт є статичним, то побудову функціональної моделі здійснюють за допомогою алгебраїчних рівнянь. При цьому окрім найпростіших алгебраїчних залежностей використовують регресійні моделі й системи алгебраїчних рівнянь.

Якщо наперед відомий характер зміни досліджуваного показника, то число можливих структур алгебраїчних моделей різко скорочується і перевага віддається тій структурі, яка виражає саму загальну закономірність або загальновідомий закон. Якщо характер зміни досліджуваного показника наперед невідомий, то здійснюють пошуковий експеримент. Перевагу віддають тій математичній формулі, що дає найкращий збіг з даними пошукового експерименту.

Результати пошукового експерименту й апіорний інформаційний масив дозволяють встановити схему взаємодії об'єкта із зовнішнім середовищем за співвідношенням вхідних і вихідних величин. У принципі можливе встановлення чотирьох схем взаємодії:

одновимірно-одновимірна схема – на об'єкт впливає тільки один чинник, а його поведінку розглядають за одним показником (один вихідний сигнал);

одновимірно-багатовимірна схема – на об'єкт впливає один чинник, а його поведінку оцінюють за багатьма показниками;

багатовимірно-одновимірна схема – на об'єкт впливає декілька чинників, а його поведінку оцінюють за одним показником;

багатовимірно-багатовимірна схема – на об'єкт впливає безліч чинників і його поведінку оцінюють за безліччю показників.

Вибір виду моделі динамічного об'єкта зводять до складання диференціальних рівнянь. Модель динамічного об'єкта може бути побудована і в класі алгебраїчної функцій. Проте такий підхід є обмеженим, оскільки не дозволяє в математичному описі врахувати вплив вхідних дій на динаміку виходу без істотної перебудови самих алгебраїчних функцій (структури й коефіцієнтів).

За повною моделі віддають перевагу математичним моделям, побудованим в класі диференціальних рівнянь. Якщо змінні, що цікавлять дослідника, є тільки функціями часу, то для моделювання використовують звичайні диференціальні рівняння. Якщо ж ці змінні є також функціями просторових координат, то для опису таких об'єктів недостатньо звичайних і слід користуватися складнішими диференціальними рівняннями в приватних похідних.

Методологія моделювання динамічних систем в класі диференціальних рівнянь істотно залежить від схеми взаємодії об'єкта з середовищем і ступеня знання входу і виходу об'єкта.

Процес вибору математичної моделі об'єкта закінчується її попереднім контролем. При цьому здійснюють наступні види контролю: розміру; порядків; характеру залежностей; екстремальних ситуацій; граничних умов; математичної замкнутості; фізичного значення; стійкості моделі.

Аналітичні методи. Другим етапом вирішення практичних завдань математичними методами є вибір методу дослідження моделі. Вибір методу дослідження математичної моделі безпосередньо пов'язаний з такими поняттями, як зовнішня і внутрішня правдоподібність дослідження.

Під зовнішньою правдоподібністю дослідження розуміють очікуваний ступінь адекватності математичної моделі реальному об'єкту за властивостями, що цікавлять дослідника.

Під внутрішньою правдоподібністю дослідження розуміють очікуваний ступінь точності вирішення одержаних рівнянь, що прийняті за математичну модель об'єкта.

Якщо вид моделі вже вибрано, то зовнішню правдоподібність моделі вважають фіксованою й вибір методу дослідження цілком визначається необхідним ступенем внутрішньої правдоподібності.

У переважній більшості випадків при виборі методу дослідження керуються принципом відповідності зовнішньої і внутрішньої правдоподібності, аналогічним відомому правилу наближених обчислень: ступінь точності обчислень повинен відповідати ступеню точності початкових, даних. Проте залежно від умов і завдань дослідження можливі відхилення від принципу. Перерахуємо деякі з них:

1) якщо йдеться про розробку нового єдиного методу досліджень, який передбачає застосування до широкого, попередню не фіксованого, класу моделей, то потрібно прагнути максимальної внутрішньої правдоподібності дослідження незалежно від рівня зовнішньої правдоподібності;

2) якщо здійснюють перевірку зовнішньої правдоподібності моделі, то внутрішня правдоподібність вибраного методу перевірки повинна бути максимальною;

3) якщо модель настільки проста, що для неї легко одержати точне рішення, то штучно знижувати строгість вирішення безглуздо.

В інших випадках перевагу віддають «принципу рівної правдоподібності».

Вибір методу дослідження тим ефективніше, чим більше є відомостей про кінцеве вирішення завдання. Такі відомості можуть бути одержані шляхом досліджень моделі або її елементів.

У процесі досліджень здійснюють порівняння величин окремих членів рівнянь у діапазоні зміни змінних і параметрів завдання, що вирішують. Відносно малі доданки відкидають, нелінійні залежності замінюються на лінійні. Деякі з компонентів моделі апроксимуються грубими рівняннями. Все це дозволяє швидко одержати грубе вирішення завдання.

Знання, хоча б найгрубіше, якісних і кількісних характеристик шуканого вирішення допомагає, при виборі точності методу дослідження. Іноді навіть

грубе вирішення виявляється достатнім. Як приклад можна привести завдання про пошук експериментального значення функції. Якщо точка екстремуму є стаціонарною, то навіть груба помилка в її відшуканні мало позначиться на підрахунку цього значення. Тому вживання високоточних методів пошуку такого екстремуму нерациональне. Громіздкі точні обчислення в цьому випадку створюють лише ілюзію точності. В разі вживання грубої математичної моделі не слід застосовувати громіздкі обчислювальні методи.

Вибір методу дослідження математичної моделі багато в чому приречений її виглядом.

Статичні системи, представлені за допомогою алгебраїчної рівнянь, досліджуються за допомогою визначників, методу ітерацій, методів Крамера і Гауса. В разі утруднень з аналітичними вирішеннями використовуються наближені методи: графічний метод; метод хорд; метод дотичних; метод ітерацій. В останньому випадку, який вимагає контролю точності (числа значущих цифр) залежно від грубості обчислювального методу, доцільне вживання ПК. Дослідження динамічних режимів функціонування об'єкта, представлених у класі диференціальних рівнянь, також зумовлюється класом, до якого відноситься вирішуване рівняння.

Якщо в результаті вирішення алгебраїчних рівнянь виходять числа, то при рішенні диференціальних рівнянь виходять функції.

Для вирішення диференціальних рівнянь широко використовуються метод розділення змінних, метод підстановки, метод інтегруючого множника, метод якісного аналізу і т.п. Для отримання наближених рішень використовують метод послідовних наближень, метод функціональних рядів, метод Рунге - Кутта, чисельні методи інтеграції і т.п.

Вирішення одержаного рівняння аналітичними методами є надзвичайно складним і звичайно в літературі не приводиться. Для практичного використання воно може бути вирішено з допомогою ПК.

Імовірносно-статистичні методи. В багатьох випадках необхідно досліджувати не тільки детерміновані, але й випадкові, вірогідність (стохастичні)

процеси. Звичайно технологічні процеси виконують в умовах безперервно змінної обстановки: вимушені простої машин; нерівномірна робота транспорту; безперервна зміна зовнішніх (наприклад, метеорологічних) чинників і т.д. Ті або інші події можуть відбутися або не відбутися, в зв'язку з цим доводиться аналізувати випадкові, вірогідні або стохастичні зв'язки, в яких кожному аргументу відповідає безліч значень функції. Нагляди показали, що, не дивлячись на випадковий характер зв'язку, розсіювання має цілком певні закономірності. Для таких статистичних законів теорія вірогідності дозволяє представити результат не однієї якої-небудь події, а середній результат випадкових подій і тим точніше, чим більше число аналізованих явищ. Це пов'язано з тим, що не дивлячись на випадковий характер подій, вони підкоряються певним закономірностям, що розглядаються в теорії вірогідності.

Теорія вірогідності вивчає випадкові події і базується на наступних основних показниках. Сукупність безлічі однорідних подій випадкової величини складає первинний статистичний матеріал. Сукупність, що містить самі різні варіанти масового явища, називають **генеральною сукупністю або великою вибіркою N**. Звичайно вивчають лише частину генеральної сукупності, так званою вибірковою сукупністю або малою вибіркою.

Теорія вірогідності розглядає теоретичні розподіли випадкових величин і їх характеристики. Математична статистика займається способами обробки й аналізу емпіричних подій. Ці дві споріднені науки складають єдину математичну теорію масових випадкових процесів, широко вживану в наукових дослідженнях

Методи теорії вірогідності й математичної статистики часто застосовують в теорії надійності, яку широко використовують в різних галузях науки й техніки. Під **надійністю** розуміють властивість виробу (об'єкту) виконувати задані функції (зберігати встановлені експлуатаційні показники) протягом необхідного періоду часу. Забезпечення надійності (виключення відмов, порушень працездатності) продукції стало одним з основних народногосподарських завдань. В теорії надійності відмови розглядають як випадкові події. Для кількіс-

ного опису відмов застосовують математичні моделі - функції розподілу вірогідності інтервалів часу. Найбільш часто застосовують закони нормального й експоненціального розподілу, закон Вейбулла й деякі інші.

Основним завданням теорії надійності є прогнозування (прогноз з тією або іншою вірогідністю) різних показників безвідмовної роботи (довговічності, терміну служби і т.д.), що пов'язані зі знаходженням вірогідності.

Для дослідження складних процесів характеру вірогідності застосовують **метод Монте-Карло**, за допомогою якого відшукують найкращі вирішення безлічі даних варіантів. Цей метод статистичного моделювання або статистичних випробувань заснований на використанні випадкових чисел, що моделюють процеси вірогідності. Результати вирішення методу дозволяють встановити емпіричні залежності досліджуваних процесів. Математичною основою методу є закон великих чисел, розроблений П. Л. Чебишевим, який формулюється так: при великому числі статистичних випробувань вірогідність того, що середньоарифметичне значення випадкової величини прагне її математичного очікування, дорівнює 1

Послідовність вирішення завдань методом Монте-Карло зводиться до збору, обробки й аналізу статистичних наглядів досліджуваного процесу: відбору головних, відкиданню другорядних чинників і складанню адекватної математичної моделі (рівнянь, графіків, циклограм і т.д.); складанню алгоритмів і рішення завдання на ЕОМ.

Вище наголошено на особливостях лише деяких математичних методів теоретичних досліджень. Детальне їх вивчення й отримання практичного досвіду вживання можливе шляхом ознайомлення із спеціальною літературою залежно від профілю дослідження.

МОДЕЛЮВАННЯ В НАУКОВІЙ І ТЕХНІЧНІЙ ТВОРЧОСТІ

Методи теорії подібності й моделювання широко застосовують в різних наукових дослідженнях. Моделювання можна визначити як метод практичного або теоретичного опосередкованого оперування об'єктом. При цьому дослі-

джують не сам об'єкт, а проміжний допоміжний, знаходиться в деякій об'єктивній відповідності з самим пізнаваний об'єктом і здатний на окремих етапах пізнання представляти в певних відносинах об'єкт, що вивчається, а також давати по дослідженню моделі їм формацію про об'єкт.

При моделюванні важлива та допомога, яку воно надає при розкритті якісних і кількісних властивостей явищ однакової фізичної природи і явищ, різнорідних за своїм фізичним станом. У природі внаслідок її матеріальної єдності є деякі загальні співвідношення й найпростіші форми, що дозволяють робити широкі практичні узагальнення, в ряді випадків відволікаючись у процесі пізнання від деталей явищ, що відбуваються. Таким чином, при моделюванні завжди повинні бути присутні деякі співвідношення, що встановлюють умови переходу від моделі до досліджуваного об'єкту (оригіналу). Такі співвідношення носять назву масштабів. Моделювання включає наукові дослідження, направлені на рішення як загально філософських і загальнонаукових проблем, так і на вирішення конкретних науково-технічних завдань, де моделювання виступає як інструмент дослідження. Прийоми аналізу й апарат вирішення при цьому різні, але метод однаково вимагає встановлення критеріїв подібності.

Подібність явищ, що характеризують відповідністю величин беруть участь в явищах, що вивчаються, оригіналах, що відбуваються, і в моделях. За ступенем відповідності параметрів моделі й оригіналу може бути трьох видів.

Абсолютна подібність, що вимагає повної тотожності полягань або явищ у просторі та часі, є абстрактним поняттям.

Повна подібність – подібність тих процесів, що протікають у часі й просторі, які достатньо повно з метою даного дослідження визначають явище, що вивчається. Наприклад, можна вважати, що синхронний генератор має повну електромеханічну подібність іншому генератору, якщо всі процеси змін струмів, напруг, обертаючих моментів на валу, зміна в часі й просторі розподілу магнітних і електричних полів відрізняються в цих генераторах тільки масштабами. При цьому нагріваючи або механічні напруги в окремих деталях генератора можуть бути неподібними, оскільки вони не роблять істотного впливу на нале-

жні дослідженню електромеханічні явища. Проте вони можуть бути найістотнішими при дослідженні тепломеханічних процесів і т.д.

Неповна подібність пов'язана з вивченням процесів тільки в часі, або тільки в просторі. Так, електромеханічні процеси в синхронному генераторі можуть бути подібні в часі, без дотримання геометричної подібності полів у середині машини.

Наближена подібність реалізується при деяких спрощуючих допущеннях, що приводять до спотворень, попередньо оцінюваних кількісно.

З погляду адекватності фізичної природи моделі й оригіналу моделювання може бути фізичне, здійснюване при однаковій фізичній природі явищ, що вивчаються; аналогове, вимагаюче відповідності в тому або іншому значенні параметрів порівнюваних процесів. Наприклад, однакової форми рівнянь, що описують фізично різноманітні явища: математичне, передбачаюче формальні перетворення рівнянь, що полегшують їх вирішення. Так, якщо диференціальне рівняння (А), що описує фізичний процес, перетворено в рівняння (В), то, встановивши відповідні функціональні зв'язки, можна розглядати А і В як подібні процеси. Умови нелінійної подібності можуть бути знайдені для систем, параметри яких залежать від параметрів режиму.

Теореми про подібність. Всі перераховані вище види подібності підкоряються деяким загальним закономірностям, які прийнято називати теоремами подібності. Цих теорем три.

Перша теорема подібності. Біля явищ, подібних у тому або іншому значенні (фізично, математично і т.д.), можна знайти певні поєднання параметрів, звані критеріями подібності, що мають однакові значення. Слід помітити, що справедливе й зворотне положення: якщо критерії подібності чисельно однакові, то й явища подібні.

Перша теорема про подібність справедлива і в складніших випадках, коли рівняння процесів на перший погляд неоднакові, але введення змінних масштабів параметрів часу або простору дає можливість встановити відповідність між оригіналом і моделлю. Можливі, наприклад, два випадки подібності: звич-

не геометричне, коли куб перетвориться в подібний куб (іншого розміру), і так зване афінне, коли куб перетвориться в паралелепіпед. Можуть реалізовуватися й складніші перетворення, наприклад, коли кулю (глобус) представляють у вигляді площинної моделі (карти); це - конформне перетворення.

Друга теорема подібності. Всяке повне рівняння фізичного процесу, записане в певній системі одиниць, може бути представлено у вигляді залежності між безрозмірними співвідношеннями з тих, що входять у рівняння параметрів, які й є критеріями подібності. Теорема вказує на можливість свого роду заміни змінних і скорочення їх числа з m розмірних до n безрозмірних величин, з переходом до критерійного рівняння. Таким чином, спрощується обробка аналітичних і експериментальних досліджень, оскільки зв'язок між безрозмірними критеріями подібності x частіше за все простіше. Цей перехід дозволяє розповсюдити результати дослідження, проведеного стосовно конкретного явища на ряд подібних.

Третя теорема подібності. Необхідними й достатніми умовами подібності є пропорційність подібних параметрів, що входять в умови однозначності, й рівності критеріїв подібності явища, що вивчається.

Види моделей. Теорія подібності й моделювання, що є, по суті, теорією постановки й обробки експериментальних і аналітичних досліджень, що проводять, здатна значною мірою дозволити багато виникаючих при цьому труднощів. Проте подібність і моделювання не можуть ставати й не стали окремою наукою, оскільки ці властивості полягають у наявності деякої структури статичної і динамічної, що подібна або розглядається як подібна структура іншої системи. Будь-яка модель, таким чином, це природний або штучний об'єкт, що знаходиться відповідно до об'єкту, що вивчають, або якої-небудь з його сторін.

У процесі вивчення модель служить відносно самостійним «квазіоб'єктом», що дозволяє одержати при його дослідженні деякі знання про об'єкт, що вивчають. Моделі всіх видів поступово набувають все більшого значення, дозволяючи проводити наукові дослідження різних процесів, уточнювати теорію роботи різних установок, перевіряти висновки й одержувати більш повне й на-

очне уявлення, чим це можна б було зробити тільки на підставі розрахунку. Моделі мають велике значення з погляду навчання, дозволяючи неодноразово відтворювати аварійні режими машин, апаратів і систем, вивчаючи при цьому їх у прискореному часі, необхідному для отримання потрібного досвіду. Моделі забезпечують обробку психологічної сумісності нових машин, апаратів і систем, і людини.

Концептуальні моделі припускають розробку й використання моделей, сформованих наглядом в процесі навчання і нагляду за об'єктом під час його функціонування. Моделі дозволяють оцінювати значущість властивостей цілісності, виявляти властивості системи й приходити в деяке полягання, визначуване її власною структурою. Іноді виділяють логічні моделі, що будують за допомогою апарату математичної логіки, а формальну побудову використовують далі для змістовної їх інтерпретації.

Кібернетичні моделі ґрунтуються на отриманні співвідношень між вхідними й вихідними функціями для якогось чорного або сірого ящика, що представляє явище, що вивчають, без розкриття його внутрішньої структури.

Квазіаналогові моделі й електронні моделі займаються синтезом ланцюгів, що є моделями різних об'єктів, мають особливо велике значення в даний час при вирішенні завдань, що виникають при проектуванні й експлуатації великих систем технічного призначення.

Електронне моделювання дозволяє успішно вирішувати завдання об'єктів і явищ шляхом створення моделі з комбінованих, операційних блоків і проведення синтезу моделей. Набір універсальних комбінаційних операційних блоків дозволяє створювати універсальні й спеціалізовані аналогові машини, пов'язані з універсальними цифровими обчислювальними машинами.

Останнім часом багато уваги надають завданням синтезу на відміну від завдань аналізу. Синтез вимагає не просто визначення характеру процесу за заданих йому початкових умов, але визначення таких дій на систему (і таке її моделювання), при яких вдалося б виявити характер і величину дій, що забезпе-

чують в даній системі такий характер процесів, який бажано додати процесам в проектуваній або вже функціонуючій системі.

Модель відкриває великі можливості перевіряти передумови різних співвідношень і допущень, прийнятих при математичному описі різних процесів, що виникають в аварійних умовах, і відтворювати всі дії персоналу в умовах, близьких до природних, необхідних для усунення аварійних ситуацій, тобто здійснити психологічне моделювання операцій. Подібність і моделювання не тільки не знаходяться в суперечності з аналітичними методами, що застосовують цифрові обчислювальні машини, але, навпаки, підкріплюють їх, забезпечуючи перевірку аналітичних методів, сприяючи впевненості в їх вживаннях.

Організація й обробка результатів експерименту в критерійній формі. Величезні швидкості обчислень сучасних обчислювальних машин забезпечують швидкість аналітичних рішень. Проте при помилках фізичного або формального характеру машина може видати так же швидко й упевнено неправильне рішення. Тому особливого значення набуває апробація програм для обчислювальних машин з погляду коректності закладених у них фізичних положень і правильності неминучих спрощень. Ця перевірка повинна проводитися на основі методів подібності й моделювання.

Пристрої, призначені для вирішення систем диференціальних і диференціально-різницевих рівнянь, одержали назву неалгоритмічних, оскільки вони на кожному кроці процесу працюють неалгоритмічно, тоді як весь процес визначається як якась послідовність роботи цих пристроїв.

Роль експерименту, а разом з цим і моделювання, збільшується з розвитком і вдосконаленням обчислювальних машин. Експеримент є не тільки шляхом безпосереднього вирішення тих або інших науково-технічних завдань, але й допомагає знаходити найкращий спосіб аналітичного вирішення.

Моделі різних видів і різного роду (фізичні, аналогові й математичні) повинні застосовуватися спільно й одночасно з цифровими обчислювальними машинами при дослідженні роботи різних технічних систем, аналізі розвитку й керування їх функціонуванням. Тобто у всіх галузях наукових і науково-

технічних знань звертають увагу на створення фізико – цифроаналогових комплексів, що забезпечують єдиний багатоаспектний підхід до дослідження. Оцінку достовірності будь-якого дослідження, в тому числі й із застосуванням моделювання, дає експеримент, проведений за спеціальною програмою. Критерійна програма проведення експериментів (уявних, математичних або фізичних) дає оцінку результату, що розповсюджується на клас явищ (а не тільки на одиничні явища) у вигляді узагальненої критерійної залежності, й дозволяє відсіяти вплив сторонніх, випадкових чинників. Особливо вдало вирішують завдання, що виникають при вивченні різних складних систем і пов'язані із знаходженням сукупності варійованих чинників, при яких цільова функція екстремальна. Методи планування експерименту дозволяють вирішити це завдання з мінімальним числом дослідів при надійній статистичній інтерпретації на кожному етапі. Переваги направленої експерименту, оброблюваного в критерійній формі, взагалі великі й істотні також при квазіаналоговому електронному моделюванні, при всіх різновидах математичного моделювання.

Слід звертати увагу на можливість відшукування функцій правдоподібності, тобто певної математичної форми, що допомагає характеризувати результати експерименту, що проводять як в натурі, так і на будь-кому, в тому числі квазіаналогових моделях. Поєднання теорії планування експерименту й теорії подібності дозволяє ввести поняття «критерійна функція відгуку». Тут, на відміну від теорії планування експерименту варіації виконують не в окремих величинах, а в критерійних співвідношеннях. Такого роду співвідношення дозволяють відразу одержувати області доцільних параметрів. Ці області представлені у вигляді просторів, будуть особливо важливими при дослідженнях складних систем, що проводяться на квазіаналогових електронних і інших моделях. Вирішуючи завдання оптимізації, знаходять області, де є тенденції до певного мінімуму зміни цільової функції. При вивченні великих систем моделювання виступає як могутній засіб безпосереднього зв'язку теорії і досвіду, як інструмент перевірки практикою створюваних теорій і розрахунків методу, як засіб прискорення випробування надійності, перевірки знову зконструйованої апаратури.

Для використання моделювання в технічних, інженерних завданнях істотне значення має автоматизація отримання критеріїв подібності за допомогою обчислювальних машин. Далі моделювання повинне розвиватися при поєднанні методів теорії подібності, планування експерименту, регресійного аналізу, досліджень при неповній інформації вірогідності. Критерійні залежності в поєднанні з методами планування експерименту й статичними методами полегшують завдання оптимізації складних систем.

Збільшення складності й розмірів систем вимагає постійного вдосконалення моделювання й перевірки одержаних результатів шляхом експерименту.

Чітко провести будь-який (фізичний або обчислювальний) експеримент, об'єктивно оцінити відомості про процес, що вивчається, і розповсюдити матеріал, одержаний в одному дослідженні, на серію інших досліджень можна тільки при правильній їх постановці й обробці.

Критерійна обробка результатів досліджень дозволяє скоротити число необхідних експериментів за рахунок зменшення числа варійованих чинників, розповсюдити результати кожного з цих експериментів на необмежено великий клас подібних процесів.

Для визначення критеріїв подібності необхідно знати початкові й граничні значення, значення параметрів режиму, що не змінюються і т.д. Критерійне планування експерименту (КПЕ) (теорія планування експерименту) й теорія подібності, сприяючи якнайкращій організації експерименту і обробці його результатів, в даний час практично об'єдналися

Фізична подібність і моделювання. Поставлене завдання може бути здійснене: 1) при натурному моделюванні, коли в об'єкт, що підлягає дослідженню, не вносять змін і не створюють спеціальних установок (виробничий експеримент); при моделюванні, здійснюваному шляхом узагальнення відомостей про явища або окремі процеси, що відбуваються в натурі, і т.д.; 2) на спеціальних моделях і стендах.

Фізична модель (наприклад, енергосистеми) є мініатюрною копією фізично реальної системи. Для всякої моделі завжди чітко формулюється круг за-

вдань, який вирішуватимуть з її допомогою. Це виявляє ті частини системи, що повинні бути відтворені на моделі з найбільшою повнотою й точністю, що вимагає теорія подібності (умови дотримання критеріїв подібності) і практична необхідність.

Для проведення такого дослідження необхідно створити модель, що має параметри, при яких критерії подібності моделі однакові з відповідними критеріями подібності оригіналу. Можливі також випадки, коли модель спеціально не споруджують, а замість неї застосовують які-небудь відповідні установки, що забезпечують при експерименті отримання процесів, «близьких до оригінальних». Потім вибирають найістотніші для даного процесу критерії подібності, для чого заздалегідь оцінюють параметри, що входять в ці критерії.

Відомі критерії дозволяють вибрати масштаби, при яких враховуються як постановку завдання, так і можливості устаткування. Невдалий вибір масштабів може привести до тому, що параметри устаткування моделі відрізнятимуться від розрахункових. Тому кожному дослідженню на моделі повинна передувати ретельна перевірка всіх її параметрів. Перед проведенням експерименту слід заздалегідь перевірити роботу устаткування моделі по окремих її частинах. І лише після того, як одержано повну впевненість, що всі елементи моделі окремо подібні відповідним елементам оригіналу, можна зібрати модель у цілому, дотримуючи граничні умови при з'єднанні її окремих елементів. Підготовлена таким чином модель дає можливість провести експерименти, одержати достовірні дані й обробити їх у критерійних залежностях.

Аналогова подібність і моделювання. Якщо явища в двох системах, що зіставляють, мають різну фізичну природу, але деякі найцікавіші для даного дослідження процеси, що відбуваються в двох системах, описують формально однаковими диференціальними рівняннями, то можна сказати, що одна система є прямою моделлю, аналогом іншої (структурне моделювання є різновидом аналогового моделювання, при якому диференціальні рівняння, що описують фізичний процес, представляються окремими елементами). Вживання прямих моделей-аналогів обмежено, оскільки не для всіх завдань можна виявити аналогію і

підібрати модель. В цьому відношенні структурні моделі, що поелементно моделюють окремі математичні операції, більш універсальні й забезпечують велику точність.

Прикладом електричних моделей прямої аналогії є розрахункові моделі постійного струму, що використовують постійний струм як аналог змінного струму. При цьому електрична схема системи змінного струму відтворюється за допомогою активних опорів, а ЕДС генераторів електростанцій - за допомогою джерел постійного струму. Розрахункові моделі змінного струму частково (для сталого режиму) виявляються фізичними моделями, а частково аналоговими (для перехідного режиму). Досліджувані схеми представляються комплексними опорами й ЕДС з відповідним зсувом фаз. Розрахунок перехідного процесу складної системи представляє значні труднощі і вимагає для свого виконання багато часу. Прагнення спростити цю роботу привело, з одного боку, до створення спеціалізованих аналогових моделей, а з іншою - до широкого використання для дослідження таких процесів типових (універсальних) структурних аналогових моделей. При такому моделюванні масштаби забезпечуючі подібність на ПК, є в загальному випадку розмірними величинами, що зв'язують параметри системи з машинними змінними - напругами на входах і виходах вирішальних блоків.

Вимоги до точності й достовірності результатів моделювання різні залежно від поставлених завдань і характеру досліджень. Дослідження, що стосуються проектних розробок, а також оцінки й відносного зіставлення варіантів, не вимагають високої точності результатів. Проте точність результатів має дуже велике значення, якщо дослідження проводять стосовно конкретної схеми, а одержані результати необхідно розповсюдити на ряд оригіналів. При отриманні на основі моделювання характеристик тих або інших явищ необхідно враховувати чинники, що обумовлюють розбіжність результатів, одержуваних в моделях і в оригіналах. До цих чинників відносяться неточності, обумовлені визначенням або завданням параметрів оригіналу, що входять в критерії подібності й відтворенням параметрів на моделі (ці неточності можна звести до деяких су-

марних неточностей відтворення критеріїв подібності); погрішностями вимірювань при проведенні дослідів (ці погрішності можуть бути зменшені багатократним повторенням вимірювань, вибором приладів належної точності); неповним обліком в моделі чинників, що явно впливають на головні процеси (здійснення наближеного моделювання замість точного).

Непостійність випадкова змінюються параметрів, що входять в критерії подібності, призводить до того, що критерії подібності також виявляються схильними випадковим варіаціям. Тому при оцінці достовірності результатів моделювання систем, що мають такі параметри, необхідно також враховувати вплив випадкових чинників.

Точність результатів експериментальних досліджень реальної системи, дослідів на фізичній моделі, процедури моделювання на ПК і чисельного вирішення систем рівнянь, що описують досліджуваний процес, повинна оцінюватися різно. В першому випадку «натура» - розглядається конкретне явище; в другому «фізична модель» - фізично відтворюються певні сторони явища на основі теорії подібності стохастично певних систем; в третьому «ПК» - відтворюються математичні закономірності, відображені в рівняннях описуваного процесу; в четвертому «ЕОМ» - здійснюється чисельна інтерпретація цих закономірностей. Звично в практичних додатках оцінка достовірності результатів моделювання з урахуванням погрішностей завдання й відтворення критеріїв подібності зводиться до двох завдань: до оцінки впливу стохастичних варіацій критеріїв подібності й до оцінки погрішності реалізації наближеного моделювання замість точного. Оцінка погрішностей моделювання, пов'язаних з неточністю відтворення критеріїв подібності, вимагає вивчення характеру зв'язку між досліджуваним процесом і кількісними відхиленнями критеріїв подібності. Одержана інформація дозволяє об'єктивно вирішити питання про необхідну точність співпадання критеріїв подібності, відповідного ступеня їх впливу на досліджуваний процес.

Погрішності наближеного моделювання виявляються двома коректуючими один одного шляхами. По-перше, перевіркою послідовним моделюван-

ням, коли моделюючи одну й ту ж систему в різних масштабах, при різних коефіцієнтах лінеаризації, можна одержати уявлення про можливий спотворюючий ефект моделювання. По-друге, дослідженням рівнянь, встановлених в основу наближених критеріїв подібності й проведенням серій дослідів і розрахунків з різним поєднанням величин, що входять в наближені критерії.

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз випадкових погрішностей ґрунтується на теорії випадкових помилок, що дає можливість з певною гарантією обчислити дійсне значення зміряної величини й оцінити можливі помилки.

Основу теорії випадкових помилок складають припущення про те, що при великому числі вимірювань випадкові погрішності однакової величини, але різного знаку, зустрічаються однаково часто; великі погрішності зустрічаються рідше, ніж малі (вірогідність появи погрішності зменшується із зростанням її величини); при нескінченно великому числі вимірювань істинне значення вимірюваної величини дорівнює середньоарифметичному значенню всіх результатів вимірювань, а поява того або іншого результату вимірювання як випадкової події описується нормальним законом розподілу.

Для проведення дослідів із заданою точністю й достовірністю необхідно знати ту кількість вимірювань, при якій експериментатор упевнений в позитивному результаті. В процесі обробки експериментальних даних слід виключати грубі помилки ряду. Поява цих помилок цілком вірогідна, а наявність їх відчутно впливає на результат вимірювань. Проте перш ніж виключити те або інше вимірювання, необхідно переконатися, що це дійсно груба помилка, а не відхилення внаслідок статистичного розкиду. Відомо декілька методів визначення грубих помилок статистичного ряду. Найпростішим способом виключення з ряду різко вимірювання, що виділяється, є правило трьох сигм: розкид випадкових величин від середнього значення не повинен перевищувати

При обробці результатів вимірювань і наглядів широко використовують методи графічного зображення, оскільки результати вимірювань, представлені в табличній формі, іноді не дозволяють достатньо наочно характеризувати закономірності процесів, що вивчаються. Графічне зображення дає найнаочніше уявлення про результати експерименту, дозволяє краще зрозуміти фізичну суть досліджуваного процесу, виявити загальний характер функціональної залежності змінних величин, що вивчаються, встановити наявність максимуму або мінімуму функції.

Для графічного зображення результатів вимірювань (наглядів), як правило, застосовують систему прямокутних координат. Перш ніж будувати графік, необхідно знати хід (течія) досліджуваного явища. Як правило, якісні закономірності й форма графіка експериментатору орієнтовно відомі з теоретичних досліджень.

Точки на графіку необхідно сполучати плавною лінією так, щоб вони по можливості проходили ближче до всіх експериментальних точок. Якщо з'єднати крапки прямими відрізками, то одержимо ламану криву. Вона характеризує зміну функції за даними експерименту. Звичайно функції мають плавний характер. Тому при графічному зображенні результатів вимірювань слід проводити між точками плавні криві. Різке викривлення графіка пояснюється погрішностями вимірювань. Якби експеримент повторили із застосуванням засобів вимірювань більш високої точності, то одержали б менші погрішності, а ламана крива більше б відповідала плавній кривій.

Проте можуть бути й виключення, оскільки іноді досліджують явища, для яких в певних інтервалах спостерігається швидка стрибкоподібна зміна однієї з координат. Це пояснюється суттю фізико - хімічних процесів, наприклад фазовими перетвореннями вологи, радіоактивним розпадом атомів у процесі дослідження радіоактивності і т.д. В таких випадках необхідно особливо ретельно сполучати точки кривої.

Іноді при побудові графіка одна-дві точки різко віддаляються від кривої. В таких випадках спочатку слід проаналізувати фізичну суть явища, і якщо не-

має підстави вважати наявність стрибка функції, то таке різке відхилення можна пояснити грубою помилкою або промахом. Це може виникнути тоді, коли дані вимірювань заздалегідь не досліджувалися на наявність грубих помилок вимірювань. У таких випадках необхідно повторити вимірювання в діапазоні різкого відхилення даних виміру. Якщо колишнє вимірювання виявилось помилковим, то на графік наносять нову точку. Якщо ж повторні вимірювання дадуть колишнє значення, необхідно до цього інтервалу кривої віднести особливо уважно й ретельно проаналізувати фізичну суть явища.

Масштаб по координатних осях звичайно застосовують різний. Від вибору його залежить форма графіка - він може бути плоским (вузьким) або витягнутим (широким) уздовж осі. Вузькі графіки дають велику погрішність по осі біля; широкі по осі x .

У деяких випадках будують номограми, що істотно полегшують вживання для систематичних розрахунків складних теоретичних або емпіричних формул у певних межах вимірювання величин. Номограми можуть відображати алгебраїчні вирази і тоді складні математичні вирази можна вирішувати порівняно простими графічними методами. Побудова номограм - операція трудомістка. Проте, будучи раз побудованою, номограма може бути використана для знаходження будь-якої із змінних, що входять в номограмірованне рівняння. Вживання ЕОМ істотно знижує трудомісткість номограміровання

Елементи теорії планування експерименту. Математична теорія експерименту визначає умови оптимального проведення дослідження, в тому числі й при неповному інформуванні фізичної суті явища. Для цього використовують математичні методи при підготовці й проведенні дослідів, що дозволяє досліджувати й оптимізувати складні системи й процеси, забезпечувати високу ефективність експерименту й точність визначення досліджуваних чинників. Забезпечується також ефективне керування експериментом при неповному знанні механізму явищ.

Експерименти звичайно проводять невеликими серіями по наперед злагодженому алгоритму.

Після кожної невеликої серії дослідів проводять обробку результатів наглядів і ухвалюють строго обґрунтоване рішення про те, що робити далі.

При використанні методів математичного планування експерименту можливо: вирішувати різні питання, пов'язані з вивченням складних процесів і явищ; проводити експеримент з метою адаптації технологічного процесу до оптимальних умов його протікання, що змінюються, і забезпечувати таким чином високу ефективність його здійснення і ін.

Теорія математичного експерименту містить ряд концепцій, що забезпечують успішну реалізацію завдань дослідження. До них відносяться концепції рандомізації, послідовного експерименту, математичного моделювання, оптимального використання простору чинника й ряд інших.

Принцип рандомізації полягає в тому що в план експерименту вводять елемент випадковості. Для цього план експерименту складають так, щоб ті систематичні чинники, що важко піддаються контролю, враховувалися статистично й потім виключалися в дослідженнях як систематичні помилки.

При послідовному проведенні експеримент виконують не одночасно, а поетапно, з тим щоб результати кожного етапу аналізувати й ухвалювати рішення про доцільність проведення подальших досліджень. У результаті експерименту одержують рівняння регресії, які часто називають моделлю процесу. Для конкретних випадків математичну модель створюють виходячи з цільової спрямованості процесу й завдань дослідження, з урахуванням необхідної точності вирішення й достовірності початкових даних, що звичайно проводять за критерієм Фішера. Оскільки ступінь полінома, адекватно того, що описує процес, передбачити неможливо, то спочатку намагаються описати явище лінійною моделлю, а потім, якщо вона неадекватна, підвищують ступінь полінома, тобто проводять експеримент поетапно.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте визначення науці.
2. Мета і завдання дисципліни.
3. Зміст курсу й зв'язок з іншими дисциплінами.
4. Класифікація наук.
5. Троїстий характер структури наукового знання.
6. Два аспекти в розвитку природи: в елементах (дискретні види матерії); у цілому.
7. Методологічні принципи побудови класифікаційної схеми: принцип субординації; принцип об'єктивності; принцип розвитку.
8. Базисні науки й надбудови. Інтеграція й диференціація наук.
9. Елементи науки.
10. Знання й пізнання.
11. Почуттєве й раціональне пізнання.
12. Визначення понять. Судження. Умовивід. Мислення. Наукова ідея. Гіпотеза. Закон. Парадокс. Теорія. Аксиома (постулат).
13. Методологія.
14. Методи дослідження.
15. Метод і методика.
16. Загальні, загальнонаукові й спеціальні методи.
17. Спостереження, порівняння, рахунок, вимір, експеримент, узагальнення, абстрагування, формалізація, аналіз і синтез, індукція й дедукція, моделювання, ідеалізація, ранжирування.
18. Аксиоматичний, гіпотетичний, історичний і системний методи.
19. Рівні наукового пізнання: емпіричний; експериментально-теоретичний; теоретичний; метатеоретичний.
20. Наукове дослідження.
21. Мета наукового дослідження.
22. Об'єкт і предмет дослідження.

23. Класифікація наукових досліджень.
24. Наукове направлення.
25. Комплексна проблема, проблема, тема, наукові запитання (завдання).
26. Оцінка доцільності проведення дослідження.
27. Етапи науково-дослідної роботи.
28. Елементи методології технічної творчості.
29. Творчий процес.
30. Творчий акт.
31. Інсайт.
32. Інтуїція.
33. Уява.
34. Мотивація.
35. Рівні творчості. Відкриття, винахід, раціоналізаторська пропозиція.
36. Характеристики творчої особистості.
37. Технологія технічної творчості.
38. Робота з літературними джерелами.
39. Переформулювання вихідного завдання.
40. Науковий реферат.
41. Стратегії пошуку рішень: жорстко фіксована; циклічна; гнучка.
42. Упорядкований пошук, вартісний аналіз.
43. Технологія "відкритого сейфа", технологія збільшень. Тактика пошуку рішень.
44. Формування ідей.
45. Методи генерування ідей: інверсії, аналогії, асоціації, фокальних об'єктів, гірлянд випадків, аналіз і синтез.
46. Методи морфологічного й функціонального аналізу.
47. Методи колективного генерування ідей.
48. Модель і моделювання в науковому дослідженні.
49. Теорії аналогії, подібностей і розмірностей.

50. Теореми подібностей.
51. Критерії подібностей.
52. Визначення моделі і моделювання.
53. Класифікація моделей.
54. Імітаційне моделювання. Визначення імітаційної моделі.
55. Математична структура імітаційної моделі. Параметри і перемінні.
56. Завдання й методи теоретичного дослідження.
57. Методи розчленовування й об'єднання елементів системи.
58. Загальна теорія систем (ЗТС). Три постулати ЗТС.
59. Етапи теоретичного дослідження. Умови й вимоги.
60. Методологія математичного моделювання.
61. Математична модель. Визначення об'єкта й мети дослідження.
62. Вибір класу математичної моделі.
63. Вибір типу математичної моделі.
64. Схеми взаємодії системи із середовищем.
65. Принцип суперпозиції.
66. Вибір структури математичної моделі.
67. Попередній контроль моделі.
68. Експериментальні дослідження.
69. Класифікація й структура експерименту.
70. Планування експерименту.
71. Багатофакторне планування.
72. Погрішності вимірів.
73. Оформлення результатів дослідження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методы исследований и организация эксперимента. / под ред. К.П. Власова. – Харьков: Издательство Гуманитарный центр, 2002. – 255с.
2. Основы научных исследований. /Под ред. В.И. Крутова., В.В.Попова.- М.: Высшая школа, 1989.- 400 с.
- 3.. Грушко И.М., Сиденко В.М. Основы научных исследований.- Харьков: Вища школа, 1983.- 224 с.
4. Пальчевский Б.А. Научное исследование: объект, направление, метод.- Львов: Вища школа, 1979.- 180 с.
5. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях.- К.: Техника, 1975.-168 с.
6. Белый И.В., Власов К.П., Клепиков В.Б. Основы научных исследований и технического творчества. Харьков: “Вища школа”, 1989. - 199с.
7. Чяпяле Ю.М. Методы поиска изобретательной идеи. Л.: Машиностроение. 1990. – 91с.
8. Кузин Ф.А. Методика написания, правила оформления и порядок защиты кандидатской диссертации. М.: Ось-89, 2003. – 224с.

Навчальне видання

Саприка Олександр Вікторович,

Гриб Олег Герасимович,

Саприка Віктор Олександрович

Конспект лекцій

з курсу

«Основи наукових досліджень»

(для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання та слухачів
другої вищої освіти за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка
та електротехнології» (0906 «Електротехніка») зі спеціальності
«Електротехнічні системи електроспоживання»)

Редактор *М. З. Аляб'єв*

План 2007, поз. 55 Л

Підп. до друку 10.10.2007 р.

Формат 60x84 1/16

Друк на ризографі.

Ум. друк арк. 3,4

Тираж 300 пр.

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 731 від 19.12.2001